- ISITMA
- **HAVA KOŞULLANDIRMA**
- HAVALANDIRMA
- SU ŞARTLANDIRMA
- SU ARITIMI
- ENERJİ
- OTOMATİK KONTROL
- BİNA OTOMASYON

- İŞ YÖNETİMİ VE ORGANİZASYON
- MALİYE / FİNANS
- MÜHENDİSLİK GELİŞTİRME
- PAZARLAMA / SATIŞ
- HALKLA İLİŞKİLER / REKLAM
- EĞİTİM
- AR-GE
- KİŞİSEL GELİŞİM
- ÜRETİM
- İHRACAT / İTHALAT
- MÜŞTERİ HİZMETLERİ
- SERVİS HİZMETLERİ

Alarko Carrier San. ve Tic. A.Ş.
GOSB – Gebze Organize Sanayı Bölgesi
Şahabettin Bilgisu Cad. 41480
Gebze / KOCAELİ
www.alarko-carrier.com.tr
info@alarko-carrier.com.tr

Ali Fuat KOLAÇAN
Alarko Carrier San. ve Tic. A.Ş.
Sistem Satışları Satış Müdürü

Soğutma Tesislerinde Yüksek Enerji Performansı İçin Sistem Önerileri ve Chiller System Optimizer Programı ile Farklı Sistemlerin Performans Analizleri

* Yayın Tarihi: Nisan 2017
* Yayınlayan: 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi İzmir
* Kaynak gösterilerek kısmen ya da tamamen yayınlanabilir.

SOĞUTMA TESİSLERİNDE YÜKSEK ENERJİ PERFORMANSI İÇİN SİSTEM ÖNERİLERİ VE CHILLER SYSTEM OPTIMIZER PROGRAMI İLE FARKLI SİSTEMLERİN PERFORMANS ANALİZLERİ

Ali Fuat KOLAÇAN
Alarko Carrier San. ve Tic. A.Ş.
Sistem Satışları Satış Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, farklı tip ve özellikte soğutma grupları ile bu soğutma gruplarının birden fazla sayıda kullanıldığı ve farklı şekilde tasarlanmış olan soğutma tesisleri hakkında bilgiler verilmiştir. Alışılagelmiş soğutma sistemlerinin yanında alternatif sistemler de anlatılmış ve bazı durumlarda bu sistemleri tercih ederek enerji performansının iyileştirilebileceği kanıtlanmıştır. İklim verilerini, binanın yük karakteri ve kullanım durumunu, soğutma gruplarının tam ve parçalı yüklerdeki tüketim değerlerini, soğutma sisteminin diğer elemanları olan kule ve pompaların sarfiyatlarını, elektrik bedelini ve öngörülen soğutma sistemlerini tarifleyerek simülasyon yapma imkanı veren ve detaylı ekonomik analiz ve sistem parçalı yük raporları üretebilen Chiller System Optimizer programı ile karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Böylece binanın yük karakterine uygun olarak doğru cihaz ve sistemi seçmenin önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğutma grubu, Soğutma tesisleri, Chiller System Optimizer, Tek devreli değişken debili soğutma sistemleri, Karşıt akışlı seri bağlı soğutma sistemleri.

ABSTRACT

In this study, the different aspects of various chiller plant designs, which use multi chillers with different types and properties were evaluated. Besides the traditional systems, some alternative systems are introduced, and it is proven that the energy performances can be improved by using these alternative systems. In this study, some comparative analysis are made by using Chiller System Optimizer software, and some detailed economic analysis and system part load reports are generated, by using the following inputs: local weather data, heat load profiles and the usage of the building, the electric consumptions of the chillers at full load and partial loads, the electric consumptions of the other elements of the systems, such as cooling towers and water pumps, and the electric prices. Thus this study emphasizes the importance of choosing the correct equipment and the correct system, based on the heat load profiles of the buildings.

Key Words: Chiller; Chiller plants, Chiller System Optimizer, Variable primary flow, Series counter flow.

1. GİRİŞ

Bir çok büyük binada, ihtiyaç duyulan soğuk suyu üretmek üzere soğutma tesisleri bulunmaktadır. Bu tesislerde soğutma grupları tarafından üretilen soğuk su; klima santrallarına, fan coil ünitelerine ve diğer soğutma ekipmanlarına dağıtılmaktadır. Bu tesislerin tasarımı binanın enerji kullanımı ve enerji giderlerine büyük etki yapmaktadır.

Tasarım aşamasında, binanın soğutma yükünün ve bu yükün karakterinin belirlenmesi, soğutma gruplarının, kulelerin, pompaların ve diğer tesisat elemanlarının seçilmesi, borulama sisteminin ve bu sistemin otomasyonunun tasarlanması binadaki soğutma sisteminin hayat boyu maliyeti açısından çok büyük önem arzetmektedir [1].

Farklı tesisat ve soğutma grupları için enerji verimlilik analizini gerçeğe yakın olarak yapabilmek, doğru cihaz ve sistemi seçebilmek binanın enerji performansı açısından çok önemlidir. Analiz çalışmasını yaparken iklim verilerinin doğru olması, sadece en yüksek ve en düşük değerler için değil anlık verilere göre anlık tüketimleri tespit edebilmek başarılı ve doğruya yakın analizin anahtarıdır.

Binanın yük karakterini de doğru tahmin edip, gerek iklimsel verilere gerek kullanım durumu ve zamana göre değişimini gözönünde bulundurmak gerekir.

Seçilen soğutma gruplarının ve diğer cihazların tam ve parçalı yüklerdeki verim değerleri, analizin sonucunu doğrudan etkileyecektir. Sadece soğutma gruplarının kullandığı enerji değil aynı zamanda sistemin diğer tüketicileri olan kule ve pompaların kullandığı enerjileri de hesaba dahil etmek gerekir.

2. CHILLER SYSTEM OPTIMIZER YAZILIMI

Bir soğutma tesisi genel olarak; soğutma grubu, varsa kule, pompalar ve bunların birbirleriyle tasarlandığı şekilde çalışmasını sağlayacak şekilde düzenlenmiş borulama sistemi ve otomatik kontrol ekipmanlarından oluşur. Chiller System Optimizer programı bu tesis içinde enerji tüketen cihazların çalışmasını, tesisin tasarım özelliklerini de dikkate alarak simüle edip, karşılaştırmalı ekonomik analizini yapan bir programdır.

Soğutma tesisinin tümünün verimli tasarlanması çok önemlidir. Bir ofis binasının iklimlendirilmesi için ihtiyaç duyduğu soğuk suyu üreten soğutma grubunun toplam (ilk yatırım, montaj ve 15 senelik ömrü boyunca işletme) maliyetini düşünürsek; cihazın ilk yatırım ve montaj bedeli, toplam maliyetinin %30'u, 15 sene boyunca bakım ve enerji gideri ise toplam maliyetin %70'i olmaktadır. Birden fazla soğutma grubundan oluşan soğutma tesislerinin, gerek sahip olduğu cihazlar gerekse tercih edilen sistemler açısından işletme verimliliğini arttıracak şekilde tasarlanmasının ömür boyu maliyete oldukça büyük etkisi olacaktır.

Doğru sistemi seçmek ve tasarlamak için gerçeğe yakın analizler yapmak gerekmektedir. Soğutma tesislerinde verimliliğe etki eden bir çok değişken olması sebebiyle bu tahmini geleneksel yöntemlerle doğru bir şekilde yapmak zordur. Günümüz teknolojisinde bir çok değişkeni işleyerek farklı sistemler için simüle etmek ve ömür boyu maliyeti tespit etmek daha kolaydır. Chiller System Optimizer bu niyetle yapılmış, ticari olmayan bir yazılımdır.

Yazılım analizi yaparken aşağıdaki faktörlere göre çalışır:

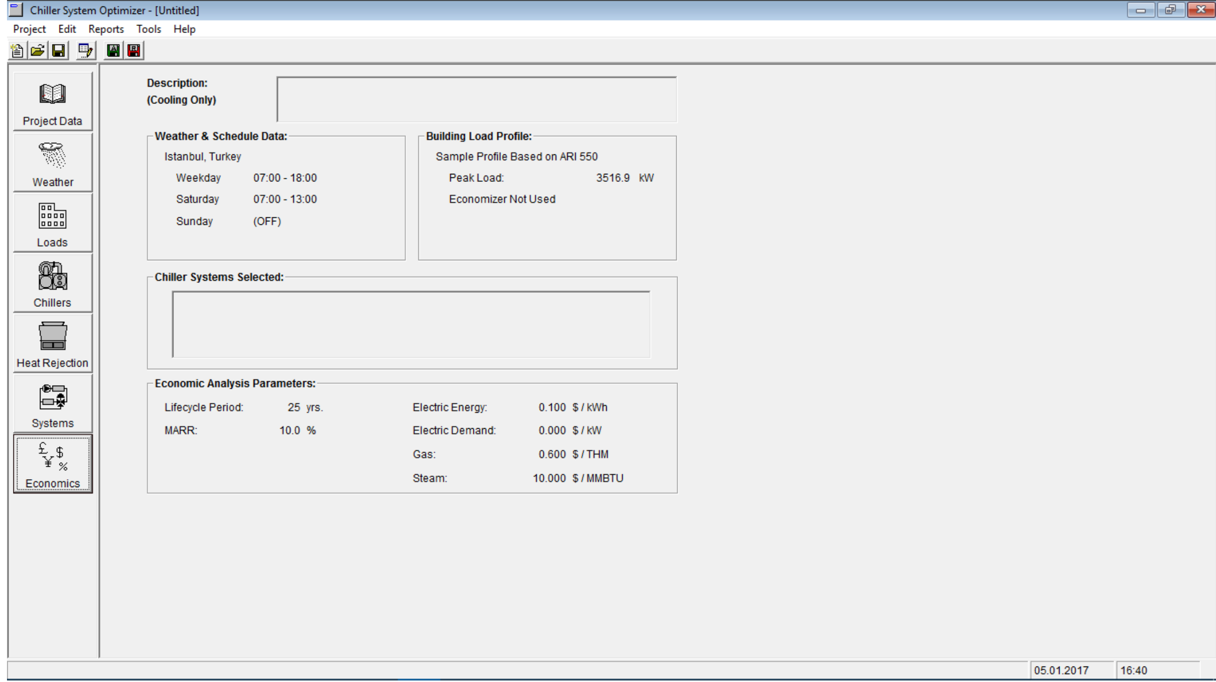
Uygulamada;

- Binanın yük profili
- Yerel iklim verileri
- Binanın çalışma saatleri

Soğutma tesis özellikleri

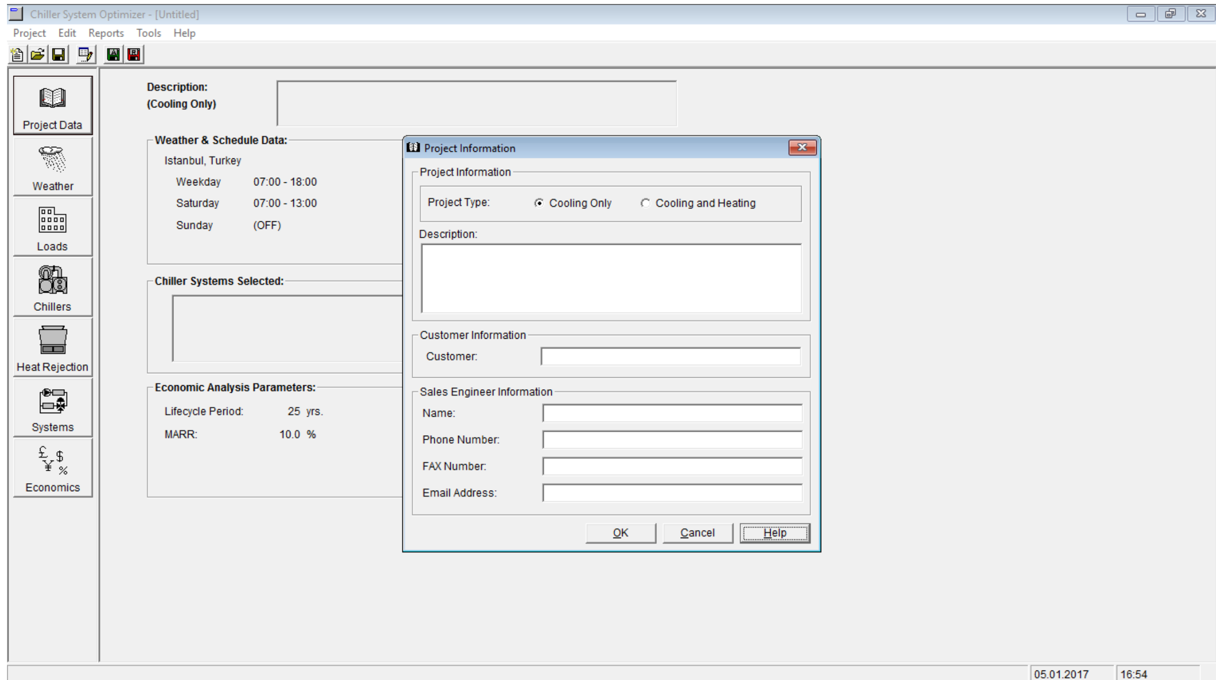
- Soğutma gruplarının sayı ve tipleri
- Ekonomizör, bedava soğutma, su sıcaklık ayar noktası kaydırma vb. tercihler.
- Pompa ve varsa kule pompa ve fanları
- vb.

Programın ana sayfasından ulaşılabilen 7 ayrı veri giriş sayfası bulunmaktadır. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Chiller System Optimizer ana sayfa

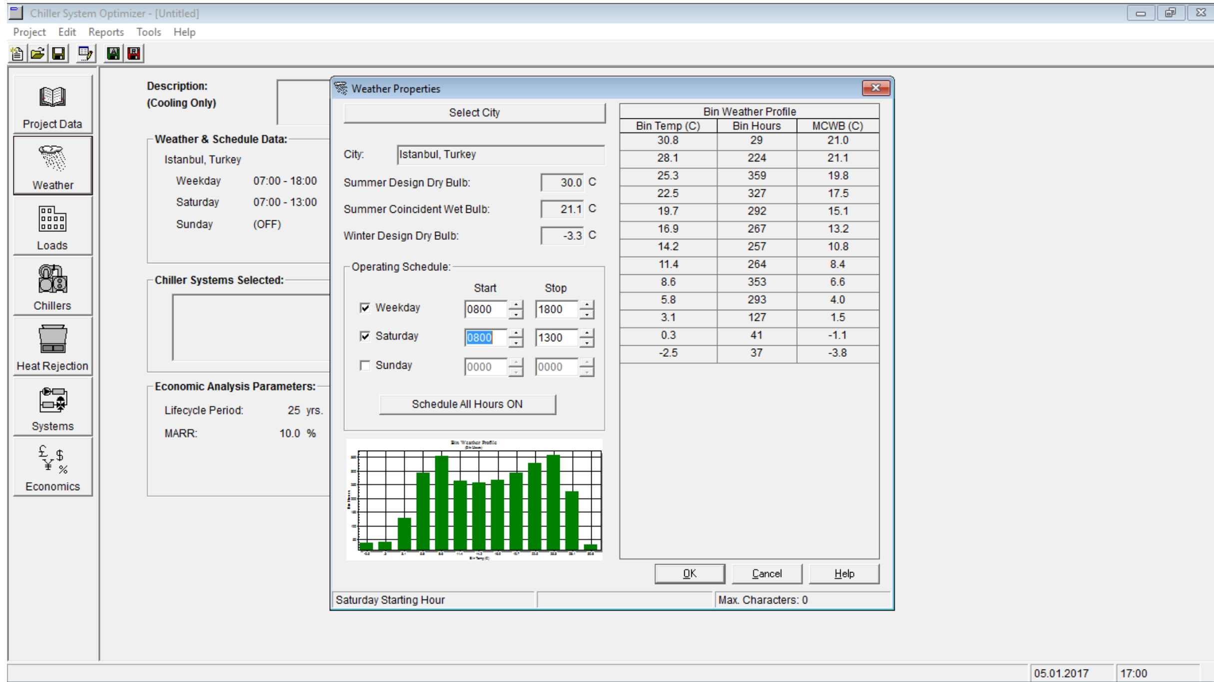
Projeje verileri sayfasında proje ile ilgili bilgiler girilmektedir. Bu bilgiler rapor kapak sayfasına gelecek olan bilgilerdir. Ayrıca sistemin sadece soğutma yapan bir sistem veya hem ısıtma hem soğutma yapan bir sistem olup olmadığı yine bu sayfada sorgulanmaktadır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Chiller System Optimizer proje veri sayfası

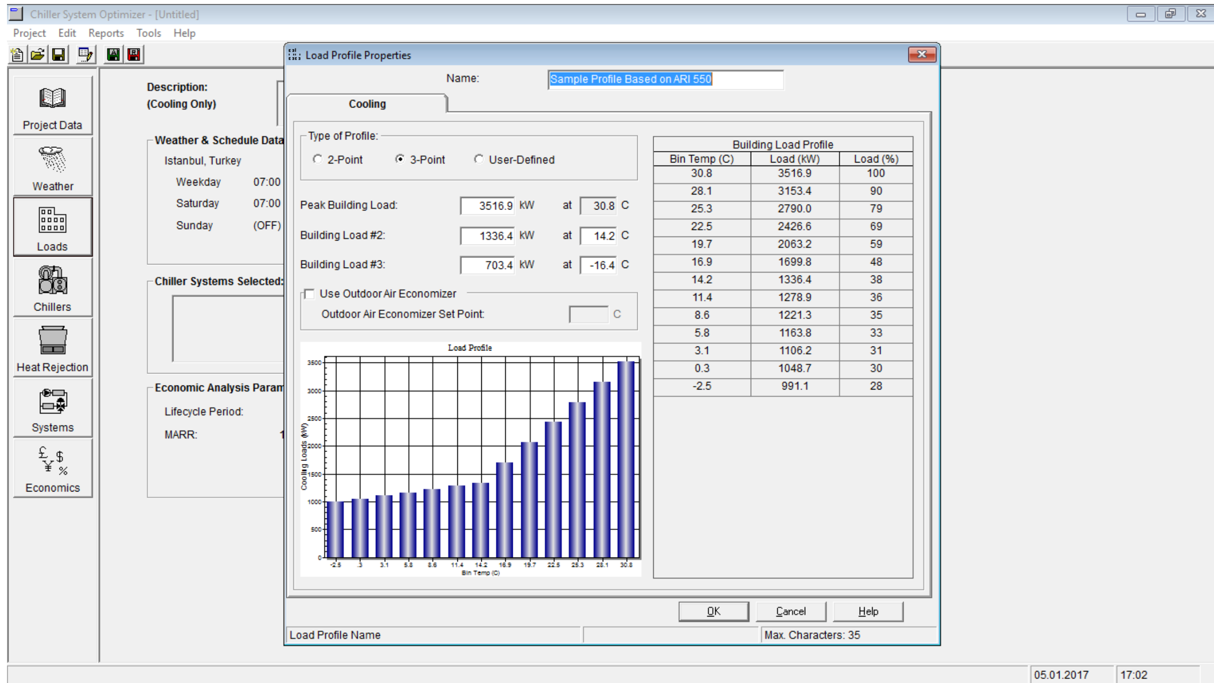
Hava durumu sayfasında iklim verileri ve binanın çalışma saatleri girilmektedir. Program içinde dünya genelinde bir çok şehrin ASHRAE iklim verileri kayıtlıdır. Hem kuru termometre hem yaş termometre

sıcaklıkları ve bu sıcaklıkların, işaretlenen çalışma zamanları içerisinde, ne kadar süre gözlemlendikleri bu sayfada görülebilmektedir. (Şekil 2.3)



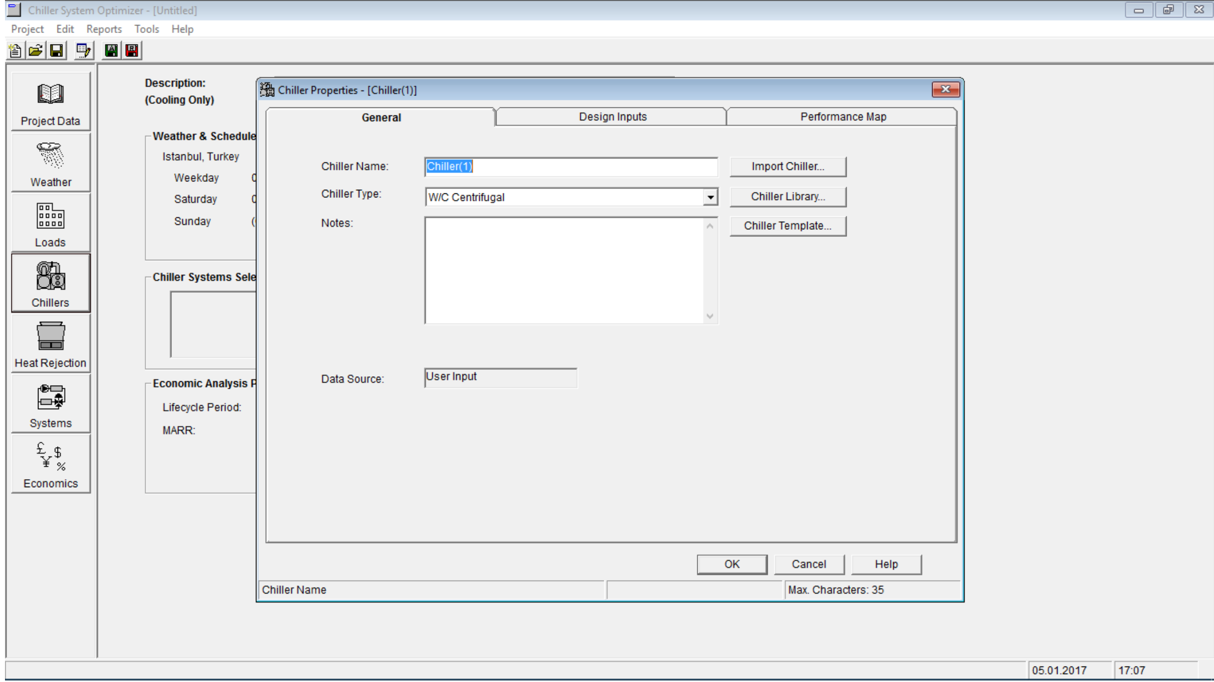
Şekil 2.3. Chiller System Optimizer iklim ve çalışma saatleri veri sayfası

Yükler sayfasında binanın soğutma yükünün dış sıcaklığa bağlı olarak değişim verileri girilmektedir. (Şekil 2.4)



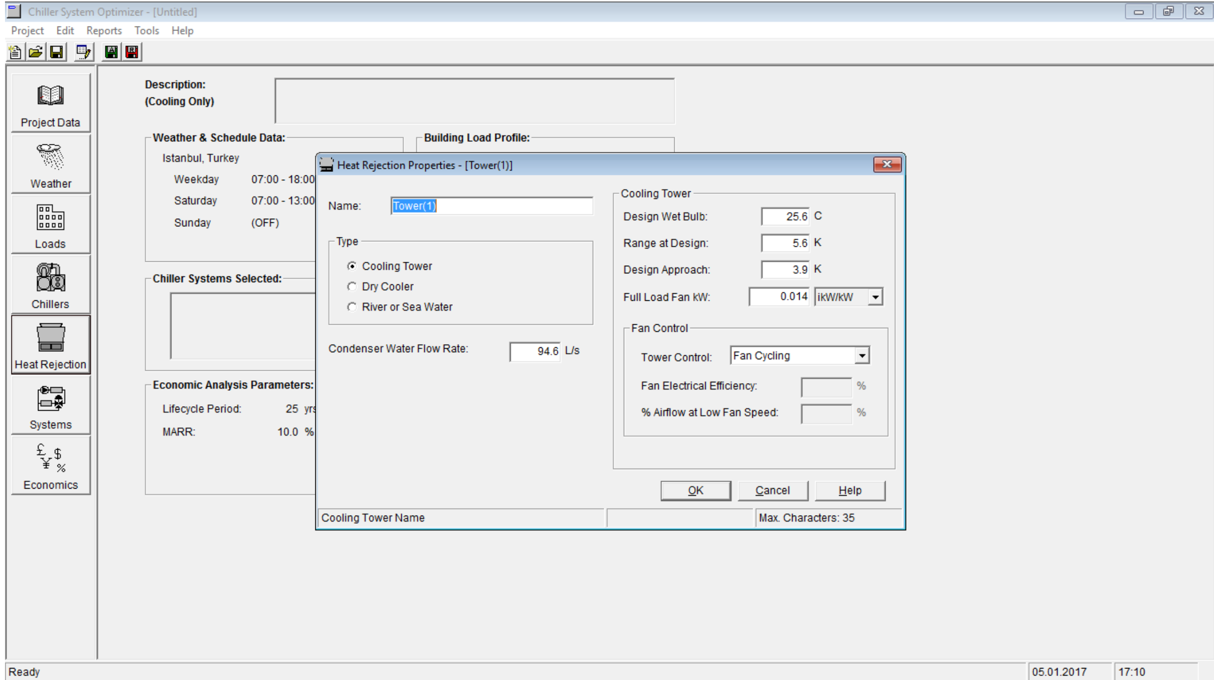
Şekil 2.4. Chiller System Optimizer bina yük profili veri sayfası

Soğutma grupları sayfasında sistemde kullanılacak olan soğutma gruplarının verileri girilmektedir. (Şekil 2.5)



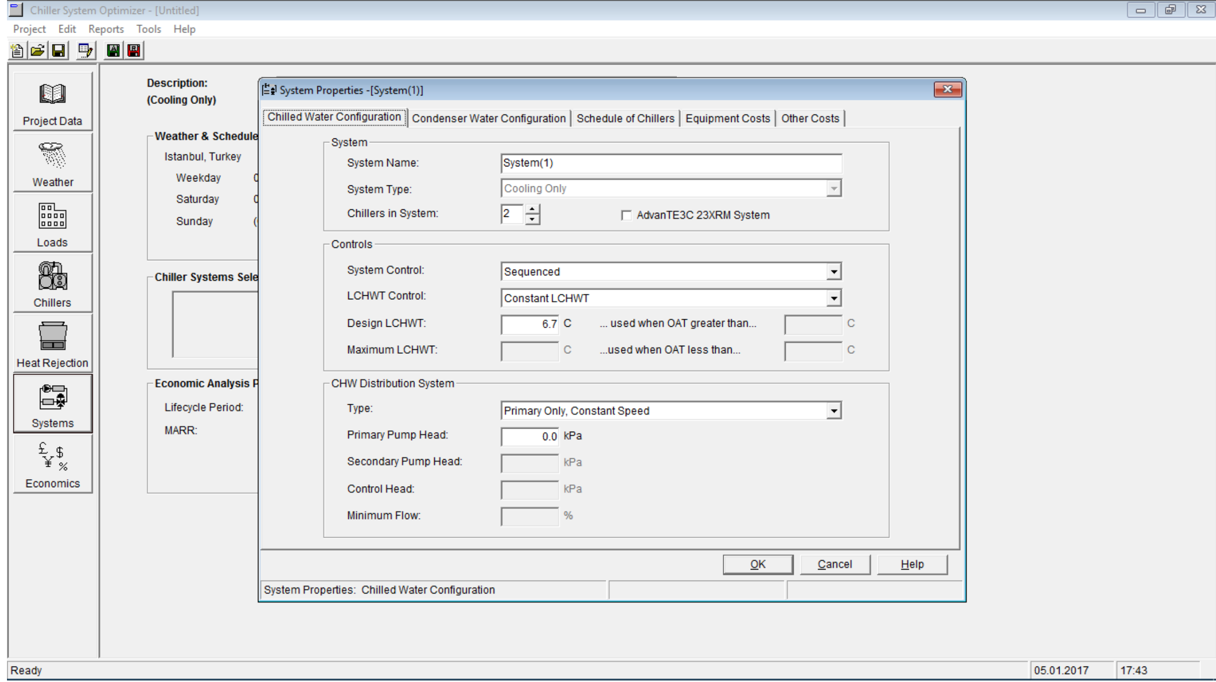
Şekil 2.5. Chiller System Optimizer soğutma grubu veri sayfası

Isı atımı sayfasında sistemde kullanılacak olan ve varsa su soğutmalı kondenserli soğutma gruplarının ısısını atacağı ekipmanların (soğutma kulesi, kuru soğutucu, deniz suyu vb.) verileri girilmektedir. (Şekil 2.6)



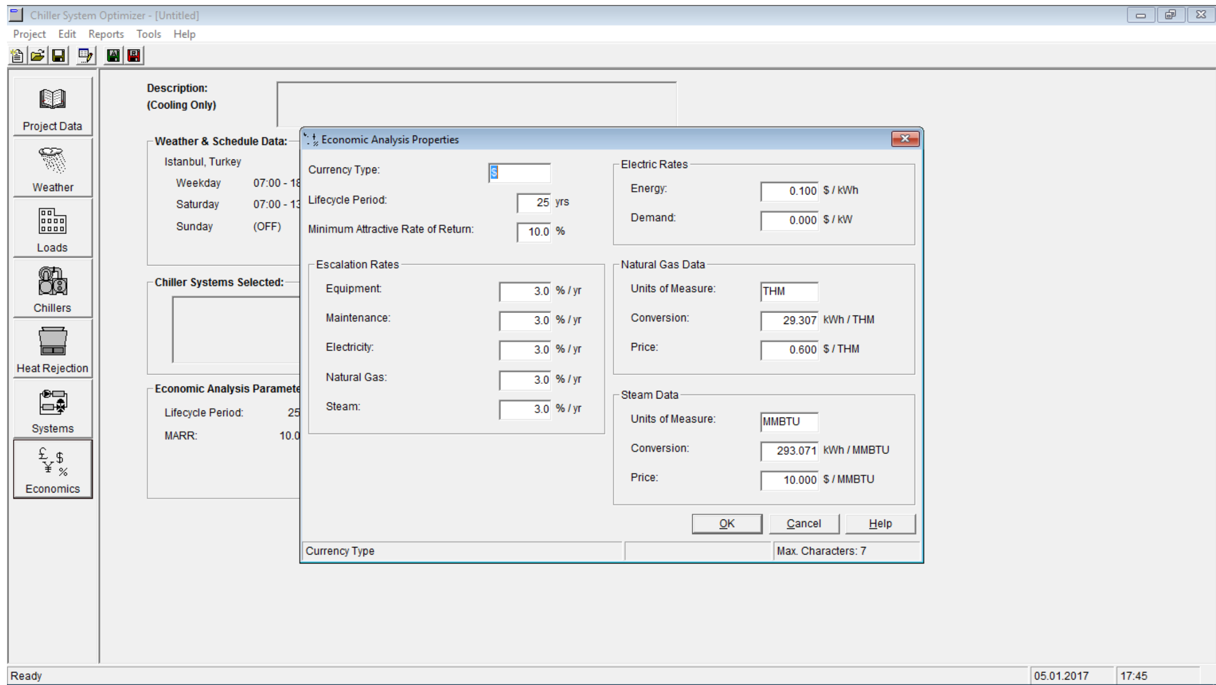
Şekil 2.6. Chiller System Optimizer soğutma kulesi veri sayfası

Sistem sayfasında soğutma sistemi ile ilgili veriler girilmektedir. Sistemin tipi, soğutma grubu sayı ve tipleri, pompa ve kule sistemi ile ilgili veriler, cihaz fiyatları ve diğer terciler girilmektedir. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7. Chiller System Optimizer soğutma sistemi veri sayfası

Ekonomi sayfasında ekonomik analiz yapılırken kullanılacak olan veriler girilmektedir. (Şekil 2.8)



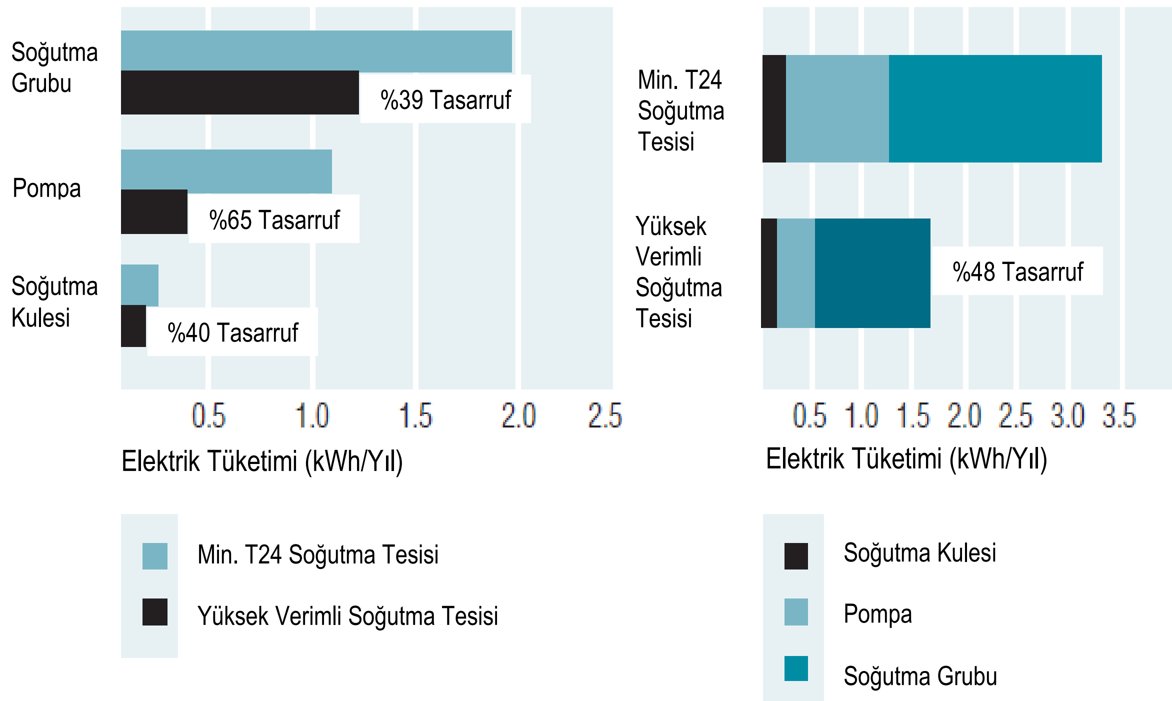
Şekil 2.8. Chiller System Optimizer ekonomik analiz veri sayfası

Soğutma sistemleri veya soğutma grupları arasındaki karşılaştırmayı, binanın hesaplanan en yüksek ısı kazancı değerine göre veya cihazların tam kapasitede çalıştığı durumdaki verim değeri olan EER'ye göre yapmak işletme giderlerinin tahmini acısından büyük bir yanılgı olacaktır. O nedenle genellikle dış sıcaklığa bağlı olarak soğutma gruplarının hangi yüklerde ne kadar zaman çalıştıklarını tarifleyen IPLV veya ESEER değerlerine göre karşılaştırma yapılmaktadır. Eğer sistemde tek cihaz varsa bu karşılaştırmanın hata payı daha düşük olacakken, sistemde birden fazla cihaz varsa bu karşılaştırma da gerçeğe yakın sonuç vermekten oldukça uzak kalacaktır. Farklı sistemlerin veya tercihlerin uygulanmasıyla ilgili enerji analizini ise basit formüllerle yapmanın imkansız olacağı açıktır.

Chiller System Optimizer programıyla farklı cihaz ve sistemlerin karşılaştırıldığı uygulama örnekleri Bölüm 4.'de görülebilir. Sistemlerin enerji tüketim bedellerinin incelenebileceği ekonomik analiz raporlarının yanında her bir sistemin parçalı yük verimlilik analizlerinin yapıldığı raporlar da program tarafından üretilebilmektedir. (Sadece hava ve su soğutmalı sistemlerin karşılaştırıldığı uygulamada, Bölüm 4.1.1.5.'de hava soğutmalı grubun parçalı yük analiz raporları paylaşılmıştır. Diğer karşılaştırmalar için sistemlerin parçalı yük analiz raporları paylaşılmamıştır.)

3. VERİMLİ SOĞUTMA TESİSİNİN KARAKTERİSTİKLERİ

Kaliforniya Eyaleti Enerji Komisyonunun 2008 yılında yayımladığı bina enerji verimlilik standartları (2008 Title 24 Standards) soğutma tesislerinin yüksek verimli olmalarını gerektirir. Ancak verimli konsept tasarımlar uygulayarak, daha verimli cihazlar kullanarak, sistemi verimli çalıştıracak bir otomasyon tesis edip sistemi doğru bir şekilde ayarlayıp işletmeye alarak, 2008 Title 24 Standartlarının minimum gereklerine göre tasarlanmış bir soğutma tesisine göre %30 ila %50 arasında daha az enerji tüketen bir tesis tasarlamak mümkün olabilmektedir [2]. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. 2008 Title 24 Standardlarına göre tasarlanmış sistemle daha verimli tasarlanmış sistem karşılaştırması [2].

Verimli soğutma tesisi için üç anahtar karakteristik vardır. Bu alanların herhangi birinde yaşanacak olan ciddi eksikliklerin üstesinden diğer alanların mükemmellikleri ile gelinemez.

- **Verimli bir sistem tasarımı,**

  Beklenen çalışma koşullarına cevap verebilecek uygunlukta bir tasarım konseptinin seçilmesi verimliliğin sağlanması için gereklidir. Örnek olarak büyük bir binada, değişken debili bir pompa sistemi kullanmak ve soğutma gruplarının miktar, tür ve kapasitelerini beklenen yük profiline uygun olarak seçmek verilebilir.

- **Verimli cihazlar,**

  Soğutma grupları, pompalar, fanlar ve motorlar, hem tek başına hem de sistem içinde bir bütün olarak çalışırken yüksek verimlilik sağlayacak şekilde seçilmelidir. Örnek olarak IE3 sınıfı motorlar kullanmak, öngörülen çalışma koşullarında yüksek verimlilikte olan değişken devirli pompalar kullanmak, hem tam hem kısmi yüklerde yüksek verimli frekans invertörlü soğutma grupları kullanmak verilebilir.

- **Doğru kurulum, devreye alma ve işletme.**

  İlk iki karakteristiği karşılayacak şekilde tasarlanan bir soğutma tesisi, uygun bir şekilde montajı, test ayar ve dengelemesi yapılmamışsa veya düzgün bir şekilde işletilemiyorsa çok fazla enerji harcayabilir ve bina sakinleri için kötü konfor sunabilir. Bu nedenle, işletmeye alma sürecini takiben farklı koşullarda çalışma testleri yapılmalı ve tesisin tasarlandığı verimliliği sağladığından emin olunmalıdır [2].

4. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Cihaz ve soğutma sistem seçiminin ömür boyu maliyete etkisini incelemek, farklı cihaz ve sistemleri karşılaştırmak için Chiller System Optimizer programı ile karşılaştırmalı analizler yapılmıştır.

Bu karşılaştırmalar yapılırken sadece soğtutma tesisatı ana elemanları olan soğutma grubu, pompalar ve kule fanlarının enerji tüketimleri gözönünde bulundurulmuştur. Karşılaştırılan alternatiflerin ilk yatırım maliyetleri, bakım maliyetleri, varsa su tüketimi kaynaklı maliyetler (su ve şartlandırma) gözönünde bulundurularak sistem seçimi yapılmalıdır.

4.1. Farklı Özelliklerdeki Soğutma Gruplarının Karşılaştırılması

4.1.1. Hava Soğutmalı Kondenserli / Su Soğutmalı Kondenserli

Kondenserden ısının atılma yöntemine göre soğutma grupları, hava soğumalı ve su soğutmalı olarak ikiye ayrılırlar.

4.1.1.1. Hava Soğutmalı Kondenserli Soğutma Grupları

Hava soğutmalı kondenserli soğutma gruplarında; gaz fazındaki, yüksek sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkan, ısısını bir ısı değiştirici aracılığıyla daha düşük sıcaklıkta olan havaya atar. Soğutma çevrimi; soğutucu akışkanı basınçlandıran kompresör, üzerinden fanlar aracılığıyla hava geçirilen kondenser bataryaları, genleşme vanası ve soğutucu akışkanın buharlaşırken soğutma suyundan ısıyı çektiği evaporatörden oluşur. (Şekil 4.1)

ASHRAE Standart 90.1-2010'da 527.5 kW üzeri kapasiteye sahip bir hava soğutmalı grup için talep edilen minimum EER: 2.80 minimum IPLV: 3.74'tür. Eurovent sınıflandırmasına göre EN 14511:2013 şartlarında seçilmiş bir hava soğutmalı grubun Class A olabilmesi için gereken minimum EER: 3.10'dur.

Şekil 4.1. Hava soğutmalı grup çalışma prensip şeması

Hava soğutmalı grupların avantajları ve dezavantajları şöyledir:

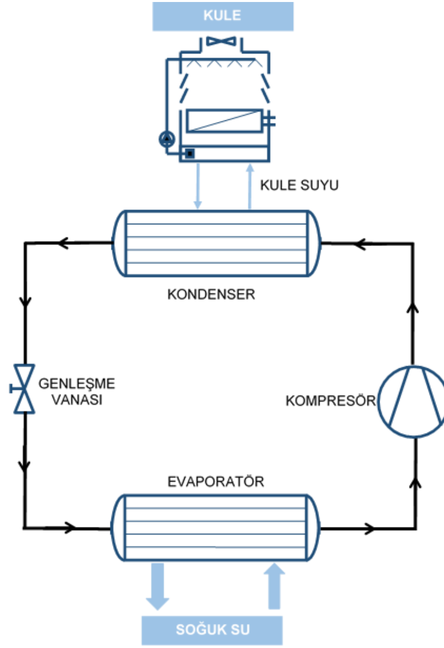
+ Kule, kondenser-kule arası tesisat ve kondenser pompası ihtiyacı bulunmamaktadır.
+ İşletmesi ve bakımı kolaydır.
+ Otomatik kontrolü basittir.
+ Su sarfiyatı ve su şartlandırma ihtiyacı yoktur.
+ Kuledeki lejyonella riski yoktur.
+ Açık ortama konulduğu için kendisinin konulacağı mekanik oda ihtiyacı yoktur.
– İlk yatırım maliyeti yüksektir.
– Verimi düşüktür.
– Ömrü kısadır.
– Açık ortama konulduğu için gürültüsü çevreye rahatsızlık verebilir.
– Çok büyük kapasitelerde üretilemez.

4.1.1.2. Su Soğutmalı Kondenserli Soğutma Grupları

Su soğutmalı kondenserli soğutma gruplarında; gaz fazındaki, yüksek ancak hava soğutmalıya göre daha düşük sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkan, ısısını bir ısı değiştirici aracılığıyla daha düşük sıcaklıkta olan ve kule, kuru soğutucu, deniz veya nehir gibi bir kaynaktan gelen suya atar. Bu su pompalar aracılığıyla taşınır. Soğutma çevrimi; soğutucu akışkanı basınçlandıran kompresör, soğutucu akışkanın yoğuşurken ısıyı attığı, bir tarafından su diğer tarafından soğutucu akışkan geçen ısı değiştirici kondenser, genleşme vanası ve soğutucu akışkanın buharlaşırken soğutma suyundan ısıyı çektiği evaporatörden oluşur. (Şekil 4.2)

ASHRAE Standart 90.1-2010'da 1055 kW üzeri kapasiteye sahip bir su soğutmalı vidalı grup için talep edilen minimum EER: 5.67 minimum IPLV: 6.51'dir. Soğutma grubunun invertörlü olması durumunda bu değerler minimum EER: 5.50 minimum IPLV: 7.18 olmaktadır Eurovent sınıflandırmasına göre EN 14511:2013 şartlarında seçilmiş bir su soğutmalı grubun Class A olabilmesi için gereken minimum EER: 5.05'tir.

Yukarıda bahsi geçen verim değerlerinde, hava soğutmalı gruplarda ısının atıldığı havayı taşıyan fanların çektiği enerji hesaba dahil edilmişken, su soğutmalı gruplarda ısının atıldığı suyu taşıyan pompanın ve kule fanlarının harcadığı enerji hasaba dahil edilmemiştir.



Şekil 4.2. Su soğutmalı grup çalışma prensip şeması

Su soğutmalı grupların avantajları ve dezavantajları şöyledir:

+ İlk yatırım maliyeti düşüktür.
+ Verimi yüksektir.
+ Daha güvenli ve uzun ömürlüdür.
+ Kapalı ortama konulduğu için ses problemi yoktur.
+ Kış çalışmasında kule suyu ile bedava soğutma yapma imkanı vardır.
+ Çok büyük kapasitelerde üretilebilir.
– Kondenser-kule arası tesisat ve pompa ihtiyacı vardır.
– İşletmesi ve bakımı daha zor ve pahalıdır.
– Otomatik kontrolü daha komplekstir.
– Su sarfiyatı vardır.
– Kulede lejyonella bakterisi oluşma riski vardır.
– Daha büyük mekanik oda ihtiyacı vardır.

4.1.1.3. Karşılaştırılan Sistemler ve Yapılan Kabuller

Karşılaştırma yapılacak bina ofis olarak kullanılmaktadır. Soğutma tesisi sadece konfor soğutması için hizmet vermektedir. Karşılaştırma, toplam soğutma yükünü karşılayacak iki adet eş kapasiteli sabit devirli vidalı kompresörlü, hava soğutmalı ve su soğutmalı kondenserli soğutma gruplarının enerji tüketimlerini analiz etmek için yapılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken şu kabuller yapılmıştır:

– 2200 kW soğutma yükünü karşılamak üzere 2 adet paralel bağlı soğutma grubu kullanılmaktadır.
– Hava soğutmalı vidalı kompresörlü soğutma grubu; 1133 kW soğutma kapasitesine, EER: 3.24, ESEER: 3.97 (EN14511-3: 2013) IPLV: 4.41 (AHRI 550/590) verim değerlerine sahiptir.
– Su soğutmalı vidalı kompresörlü soğutma grubu; 1123 kW soğutma kapasitesine, EER: 5.30, ESEER: 6.23 (EN14511-3: 2013) IPLV: 7.61 (AHRI 550/590) verim değerlerine sahiptir.
– Sistem sadece birincil sabit debili olacak şekilde öngörülmüştür.
– İklim şartları olarak İstanbul'un ASHRAE'de belirtilen değerleri alınmıştır.
– Binanın sadece hafta için 07:00 – 19:00 saatleri arasında çalıştığı kabul edilmiştir.

- 30.8 °C dış hava sıcaklığında 2200 kW soğutma yükü olduğu, 16 °C ve altındaki dış hava sıcaklıklarında soğutma yükü olmadığı varsayılmıştır. Bu sıcaklıklar arasında yükün dış hava sıcaklığı ile orantılı olarak değiştiği kabul edilmiştir.
- Kule fanlarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Kule fanlarının değişken devirli olduğu varsayılmıştır. Kule fanlarının elektrik tüketimi olarak, birim soğutma yükü için 0,015 kW değeri kabul edilmiştir.
- Kuleden gelen minimum su sıcaklığı 18 °C olarak kabul edilmiştir.
- Evaporatör (Birincil devre) ve kondenser pompalarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Pompaların tümünün sabit devirli olduğu varsayılmıştır. Pompa basma yükseklikleri evaporatör (Birincil devre) için 150 kPa, kondenser devresi için 150 kPa olarak alınmıştır. Pompa verimleri %75 olarak kabul edilmiştir.
- Enerji bedeli 0.30 TRL/kWh olarak kabul edilmiştir.
- Analiz sadece elektrik enerjisi sarfiyatı gözönünde bulundurularak yapılmıştır. Su ve su şartlandırma sarfiyatı hesaba katılmamıştır.

4.1.1.4. Chiller System Optimizer Ekonomik Analiz Raporları

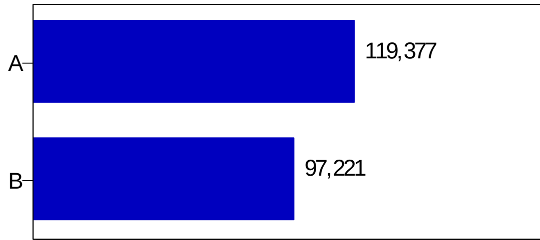
Chiller System Optimizer programı ile yapılan analizde, yapılan kabuller dahilinde, su soğutmalı gruplardan oluşan soğutma tesisinin, hava soğutmalı gruplardan oluşan soğutma tesisine göre %19 daha az enerji harcadığı görülmektedir.

Soğutma Grubu Ekonomik Analiz Özeti

1. Genel Özet

Ekonomik Ölçüt	Bu Ölçütler İçin En İyi Sistem Tasarımı	Değer (TRL)
En Düşük Yıllık Enerji Maliyeti	(B) Sistem Su Soğutmalı	97,221

Enerji + Yakıt Maliyeti (TRL)



2. Maliyet ve Enerji Kullanım Detayları

	(A) Sistem Hava Soğutmalı	(B) Sistem Su Soğutmalı	Kazanç	Kazanç Oranı
Yıllık Enerji Maliyet Detayları				
Soğutma Gr. Elektrik Maliyeti (TRL)	113,108	70,494	42,614	38%
Soğutma Gr. Yakıt Maliyeti (TRL)	0	0	0	0%
Soğutma Kulesi Fanları (TRL)	0	11,932	(11,932)	n/a
Soğutma Suyu Pompası (TRL)	6,268	6,240	29	0%
Kondenser Suyu Pompası (TRL)	0	8,555	(8,555)	n/a
Toplam Enerji Maliyeti (TRL)	119,377	97,221	22,156	19%
Yıllık Enerji Kullanım Detayları				
Soğutma Grupları (kWh/yr)	377,028	234,980	142,048	38%
Soğutma Kulesi Fanları (kWh/yr)	0	39,773	(39,773)	n/a
Soğutma Suyu Pompası (kWh/yr)	20,895	20,799	96	0%
Kondenser Suyu Pompası (kWh/yr)	0	28,517	(28,517)	n/a
Toplam Elektrik (kWh/yr)	397,923	324,070	73,853	19%
Toplam Doğal Gaz Kullanımı (THM)	0	0	0	0%
Toplam Buhar Kullanımı (MMBTU)	0	0	0	0%

3. Girilen Veri Özetleri

Hava
Şehir .... İstanbul, Türkiye
Çalışma Saatleri ....0700-1900: Haftai İçi
.... Tüm Gün Kapalı: Cumartesi
.... Tüm Gün Kapalı: Pazar

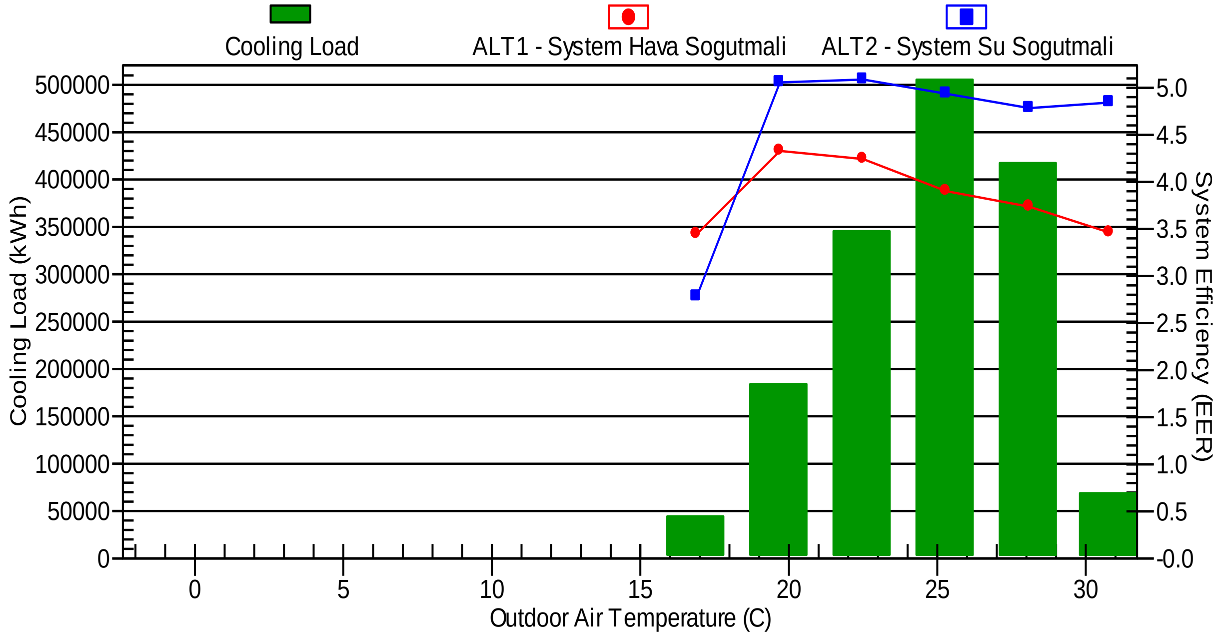
Yük (Soğutma)
En fazla Bina Yükü .... 2,200 kW @ 30.8 C
Bina Yükü #2 .... 0 kW @ 16.0 C
Dış Hava Ekonomizör Kullanımı .... Hayır

Analiz Değişkenleri
Analiz Tipi .... Sadece Enerji Maliyeti
Pompa Enerji Kullanımlarını İçeriyor ....Evet
Soğutma Kulesi Fanı Enerji Kullanımlarını İçeriyor.............Evet

Soğutma Grubu Sistemleri
(A) Sistem Hava Soğutmalı
(B) Sistem Su Soğutmalı

Ekonomik Veriler
Elektrik Enerjisi .... 0.300 TRL/kWH
Elektrik Talebi ....0.000 TRL/kW

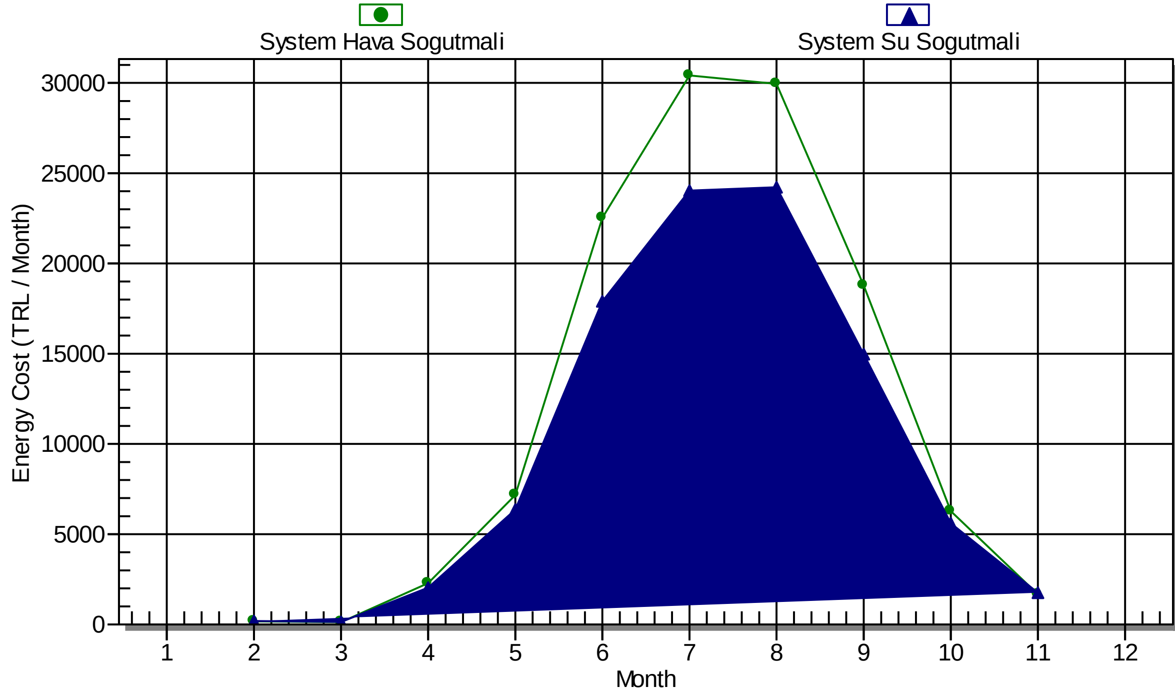
Yıllık Sistem Verimlilik Raporu

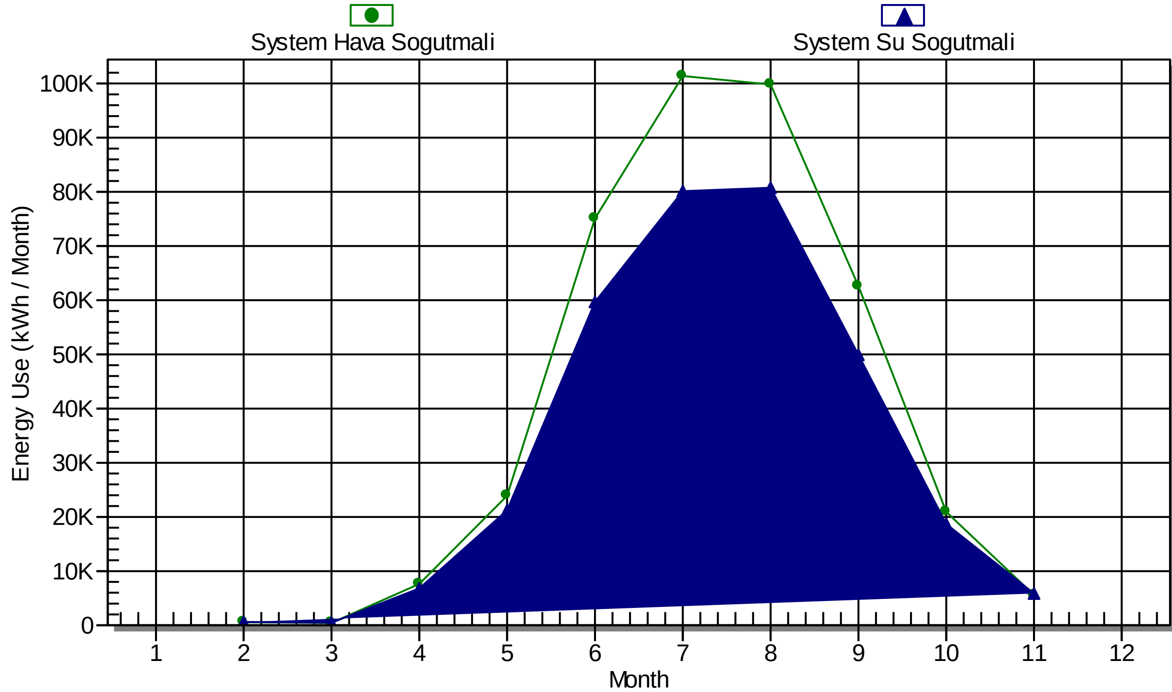


Yıllık Soğutma Sistem Verimi

Soğutma Grubu Sistemi	Yıllık Soğutma Sistemi Verimi (EER)	Soğutma Sistemi Yükü (kW)	Soğutma İçin Enerji Kullanımı (kWh)	Soğutma Grubu Elektrik Tüketimi (kWh)	Soğutma Grubu Yakıt Tüketimi (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)
ALT1 - Sistem Hava Soğutmalı	3.934	1,565,411	397,923	377,028	0	20,895	0	0
ALT2 - Sistem Su Soğutmalı	4.830	1,565,325	324,070	234,980	0	20,799	28,517	39,773

Yıllık Soğutma Sistem Verimi EER = (Soğutma Sistemi Yükü kW) / (Toplam Soğutma Enerji Kullanımı kWh)


Aylara Göre Enerji Maliyeti
System Hava Sogutmali
System Su Sogutmali
Energy Cost (TRL / Month)
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
Month


Aylara Göre Enerji Kullanımı
System Hava Sogutmali
System Su Sogutmali
Energy Use (kWh / Month)
100K
90K
80K
70K
60K
50K
40K
30K
20K
10K
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
Month

Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Hava Soğutmalı]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Şubat	558	167	129.3	0	167	0	0	167
Mart	429	129	129.3	0	129	0	0	129
Nisan	7,623	2,287	356.8	0	2,287	0	0	2,287
Mayıs	23,907	7,172	356.8	0	7,172	0	0	7,172
Haziran	75,103	22,531	641.4	0	22,531	0	0	22,531
Temmuz	101,384	30,415	641.4	0	30,415	0	0	30,415
Ağustos	99,840	29,952	641.4	0	29,952	0	0	29,952
Eylül	62,581	18,774	641.4	0	18,774	0	0	18,774
Ekim	20,929	6,279	356.8	0	6,279	0	0	6,279
Kasım	5,569	1,671	229.4	0	1,671	0	0	1,671
Aralık	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Toplam	**397,923**	**119,377**	**-**	**0**	**119,377**	**0**	**0**	**119,377**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Su Soğutmalı]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Şubat	619	186	95.0	0	186	0	0	186
Mart	475	143	106.0	0	143	0	0	143
Nisan	6,809	2,043	262.5	0	2,043	0	0	2,043
Mayıs	21,211	6,363	280.9	0	6,363	0	0	6,363
Haziran	59,663	17,899	450.7	0	17,899	0	0	17,899
Temmuz	80,110	24,033	443.7	0	24,033	0	0	24,033
Ağustos	80,748	24,224	479.5	0	24,224	0	0	24,224
Eylül	49,914	14,974	438.2	0	14,974	0	0	14,974
Ekim	18,679	5,604	262.3	0	5,604	0	0	5,604
Kasım	5,842	1,753	187.6	0	1,753	0	0	1,753
Aralık	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Toplam	**324,070**	**97,221**	**-**	**0**	**97,221**	**0**	**0**	**97,221**

Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Hava Soğutmalı]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	0	0	0	0	0	0	0	0
Şubat	2,035	466	92	0	0	558	0	0
Mart	1,593	363	67	0	0	429	0	0
Nisan	30,999	6,971	652	0	0	7,623	0	0
Mayıs	98,893	22,176	1,732	0	0	23,907	0	0
Haziran	299,340	71,522	3,581	0	0	75,103	0	0
Temmuz	389,227	96,804	4,579	0	0	101,384	0	0
Ağustos	383,400	95,326	4,514	0	0	99,840	0	0
Eylül	252,236	59,299	3,283	0	0	62,581	0	0
Ekim	86,219	19,244	1,684	0	0	20,929	0	0
Kasım	21,469	4,858	711	0	0	5,569	0	0
Aralık	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	**1,565,411**	**377,028**	**20,895**	**0**	**0**	**397,923**	**0**	**0**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Su Soğutmalı]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	0	0	0	0	0	0	0	0
Şubat	2,035	352	91	140	36	619	0	0
Mart	1,592	266	66	102	41	475	0	0
Nisan	30,995	4,392	648	957	812	6,809	0	0
Mayıs	98,884	14,231	1,722	2,502	2,756	21,211	0	0
Haziran	299,326	43,883	3,566	4,761	7,453	59,663	0	0
Temmuz	389,211	60,091	4,562	6,012	9,444	80,110	0	0
Ağustos	383,385	60,983	4,496	5,936	9,332	80,748	0	0
Eylül	252,223	35,277	3,267	4,544	6,825	49,914	0	0
Ekim	86,209	12,009	1,674	2,489	2,506	18,679	0	0
Kasım	21,465	3,495	707	1,072	568	5,842	0	0
Aralık	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	**1,565,325**	**234,980**	**20,799**	**28,517**	**39,773**	**324,070**	**0**	**0**

4.1.1.5. Chiller System Optimizer Sistem Parçalı Yük Raporları (Sistem Hava Soğutmalı)

Sistem PLV (Parçalı Yük) Raporu

1. Genel Özet

Sistem Parçalı Yük Değeri (SPLV):	**PLV**
Sistem Hava Soğutmalı	4.169 EER
IPLV veya NPLV (ARI 550/590-2003):	
HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW	4.456 EER
HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW	4.456 EER

2. Girilen Veri Özetleri

Hava
Şehir .... İstanbul, Türkiye
Çalışma Saatleri ....0700-1900: Haftai İçi
.... Tüm Gün Kapalı: Cumartesi
.... Tüm Gün Kapalı: Pazar

Yük (Soğutma)
En fazla Bina Yükü .... 2,200 kW @ 30.8 C
Bina Yükü #2 .... 0 kW @ 16.0 C
Dış Hava Ekonomizör Kullanımı .... Hayır

Soğutma Grubu Sistemi
Sistem Adı .... Sistem Hava Soğutmalı
Tesisattaki Soğutma Grubu Sayısı 2
Kontrol Sistemi ....Sıralı Çalıştırma
Tam Yükteki Soğuk Su Sıcaklığı .... 7.0 C

Sıralama	Soğutma Grubu Adı	Kapasite (Tam Yük) (kW)	Verim (Tam Yük)
CH-1	HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW	1,135	3.248 EER
CH-2	HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW	1,135	3.248 EER

3 .Soğutma Grubu Sistemi Çalışma Şartları

Sıcaklık (KT) (C)	Sıcaklık (YT) (C)	Bina Yükü (kW)	Bina Yükü (%)	Çalışan Soğutma Grubu	Soğutma Grubu Yükü (%)
30.8	21.0	2,200	100	2	97
28.1	21.1	1,788	81	2	79
25.3	19.8	1,376	63	2	61
22.5	17.7	964	44	1	85
19.7	15.2	552	25	1	49
16.9	13.3	140	6	1	12

4. Soğutma Grubu Sistemi Performansı

	CH-1				CH-2				Sistem	
Sıcaklık (KT) (C)	Yük (kW)	(EER)	Soğuk Su Sıc. (C)	Kond. Giriş Sıc. (C)	Yük (kW)	(EER)	Soğuk Su Sıc. (C)	Kond. Giriş Sıc. (C)	Toplam (kW)	Toplam (EER)
30.8	1,100	3.589	7.00	30.83	1,100	3.589	7.00	30.83	613	3.589
28.1	894	3.899	7.00	28.06	894	3.899	7.00	28.06	459	3.899
25.3	688	4.104	7.00	25.28	688	4.104	7.00	25.28	335	4.104
22.5	964	4.449	7.00	22.50	0	0.000	7.00	n/a	217	4.449
19.7	552	4.626	7.00	19.72	0	0.000	7.00	n/a	119	4.626
16.9	140	4.276	7.00	16.94	0	0.000	7.00	n/a	33	4.276

5. SPLV Özeti

Sıcaklık (KT) (C)	Bina Yükü (%)	Bina Yükü (kW)	Soğutma Saati	Soğutma (kWh)	Ağırlıklı Çarpan	Sistem (EER)	Anlık Verim
30.8	100	2,200	31	68,199	0.0441	3.589	0.1583
28.1	81	1,788	231	413,030	0.2671	3.899	1.0412
25.3	63	1,376	363	499,499	0.3230	4.104	1.3254
22.5	44	964	355	342,236	0.2213	4.449	0.9844
19.7	25	552	329	181,628	0.1174	4.626	0.5432
16.9	6	140	300	42,023	0.0272	4.276	0.1162
Toplam:			1,609	1,546,613	1.0000		4.1687

Ağırlıklı Çarpan = Soğutma kWh/ Toplam Soğutma kWh
Anlık Verim = [Ağırlıklı Çarpan] x [Sistem EER]
SPLV = [Anlık Verim Toplamı]
SPLV = 4.17 EER

6. Soğutma Gruplarının IPLV Değerlerini Hesaplama Yöntemi

IPLV Değerlerini Hesaplama Yöntemi: Hava Soğutmalı Elektrikli Soğutma Grubu

Soğutma Grubu Yükü (%)	Soğuk Su Sıc. (C)	Kond. Giriş Sıc. (C)	Ağırlıklı Çarpan	Verim (EER)	Anlık Verim
100	6.67	35.00	0.01	A	0.01 x A
75	6.67	26.67	0.42	B	0.42 x B
50	6.67	18.33	0.45	C	0.45 x C
25	6.67	12.78	0.12	D	0.12 x D
Toplam:			1.00		

IPLV = [Anlık Verim Toplamı]
IPLV = (0.10 x A) + (0.42 x B) + (0.45 x C) + (0.12 x D)
ARI Standard 550/590-2003'e göre

Özel Parçalı Yük (PLV) Çarpan Raporu

1. Özel Ağırlıklı Çarpan ve Kule Suyu Giriş Sıcaklığı

	Özel Ağırlıklı Çarpan				Özel Kule Suyu Giriş Sıcaklığı (C)			
Soğutma Grubu	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
CH-1 - HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW	0.027	0.440	0.488	0.044	16.9	23.5	25.6	30.8
CH-2 - HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW	0.027	0.440	0.488	0.044	16.9	23.5	25.6	30.8

2 .Soğutma Grubu Sistemi Çalışma Şartları

Sıcaklık (KT) (C)	Sıcaklık (YT) (C)	Bina Yükü (kW)	Bina Yükü (%)	Çalışan Soğutma Grubu	Soğutma Grubu Yükü (%)
30.8	21.0	2,200	100	2	97
28.1	21.1	1,788	81	2	79
25.3	19.8	1,376	63	2	61
22.5	17.7	964	44	1	85
19.7	15.2	552	25	1	49
16.9	13.3	140	6	1	12

4a. Özel PLV Özeti: CH-1 (HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW)

Kond. Giriş Sıc.	Top.	CWH	Toplam	Yük	Yük	25%		50%		75%		100%	
(C)	Saat		(kWh)	(kW)	(%)	(CWH)	(kWh)	(CWH)	(kWh)	(CWH)	(kWh)	(CWH)	(kWh)
30.8	31	956	34,100	1,100	97	0	0	0	0	0	0	956	34,100
28.1	231	6,481	206,516	894	79	0	0	0	0	6,481	206,516	0	0
25.3	363	9,176	249,749	688	61	0	0	9,176	249,749	0	0	0	0
22.5	355	7,988	342,236	964	85	0	0	0	0	7,988	342,236	0	0
19.7	329	6,489	181,628	552	49	0	0	6,489	181,628	0	0	0	0
16.9	300	5,083	42,022	140	12	5,083	42,022	0	0	0	0	0	0
Top:	1,609	36,172	1,056,251			5,083	42,022	15,664	431,377	14,468	548,752	956	34,100

4b. Özel PLV Özeti: CH-2 (HAVA SOĞUTMALI VIDALI 1100 KW)

Kond. Giriş Sıc.	Top.	CWH	Toplam	Yük	Yük	25%		50%		75%		100%	
(C)	Saat		(kWh)	(kW)	(%)	(CWH)	(kWh)	(CWH)	(kWh)	(CWH)	(kWh)	(CWH)	(kWh)
30.8	31	956	34,100	1,100	97	0	0	0	0	0	0	956	34,100
28.1	231	6,481	206,516	894	79	0	0	0	0	6,481	206,516	0	0
25.3	363	9,176	249,749	688	61	0	0	9,176	249,749	0	0	0	0
22.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Top:	625	16,613	490,365			0	0	9,176	249,749	6,481	206,516	956	34,100

Özel PLV Özeti Tabloları İçin Açıklamalar:

[Ort. Sıc.] = Ortalama Sıcaklık

[Kond. Giriş Sıc.] = Kondensere Giriş Sıcaklığı. Su soğutmalı soğutma gruplarında kule suyu giriş sıcaklığı. Hava soğutmalı soğutma gruplarında hava giriş sıcaklığı.

[Toplam Saat] = Belirtilen şartlarda çalışma saati.

[CWH] = Kondenser kullanım saati. [Toplam Saat] x [Kond. Giriş Sıc.]. Daha sonra PLV hesaplaması için, dört ortalama kondensere giriş sıcaklık değerini türetmek için kullanılır.

[Yük] = Belirtilen şartlarda soğutma grubu yükü.

[Yük (%)] = Soğutma grubu yükünün toplam yüke oranı.

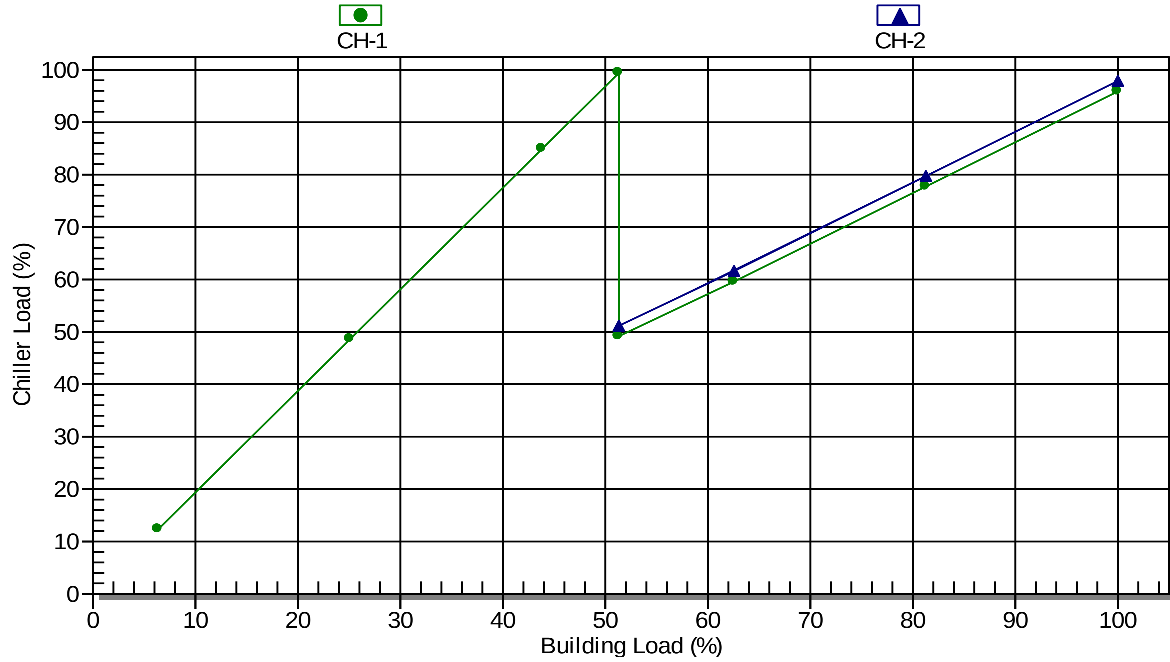
[Toplam (kWh)] = Soğutma Grubu [Yük] Saat [Toplam Saat]. Daha sonra PLV hesaplaması için dört ağırlıklandırma faktörünü türetmek için kullanılır

5a. Ortalama Ağırlıklı Çarpan ve Kondenser Giriş Sıcaklıkları (CH-1, CH-2)

	25%			50%			75%			100%		
Chiller	**Saat**	**CWH**	**kWh**	**Saat**	**CWH**	**kWh**	**Saat**	**CWH**	**kWh**	**Saat**	**CWH**	**kWh**
CH-1	300	5,083	42,022	692	15,664	431,377	586	14,468	548,752	31	956	34,100
CH-2	0	0	0	363	9,176	249,749	231	6,481	206,516	31	956	34,100
Toplam:	300	5,083	42,022	1,055	24,840	681,127	817	20,949	755,267	62	1,912	68,200
Özel Ağ. Çarpan:			0.027			0.440			0.488			0.044
Özel Kond. Gir. Sıc. (C):			16.9			23.5			25.6			30.8

Genel Toplam kWh = 1,546,616

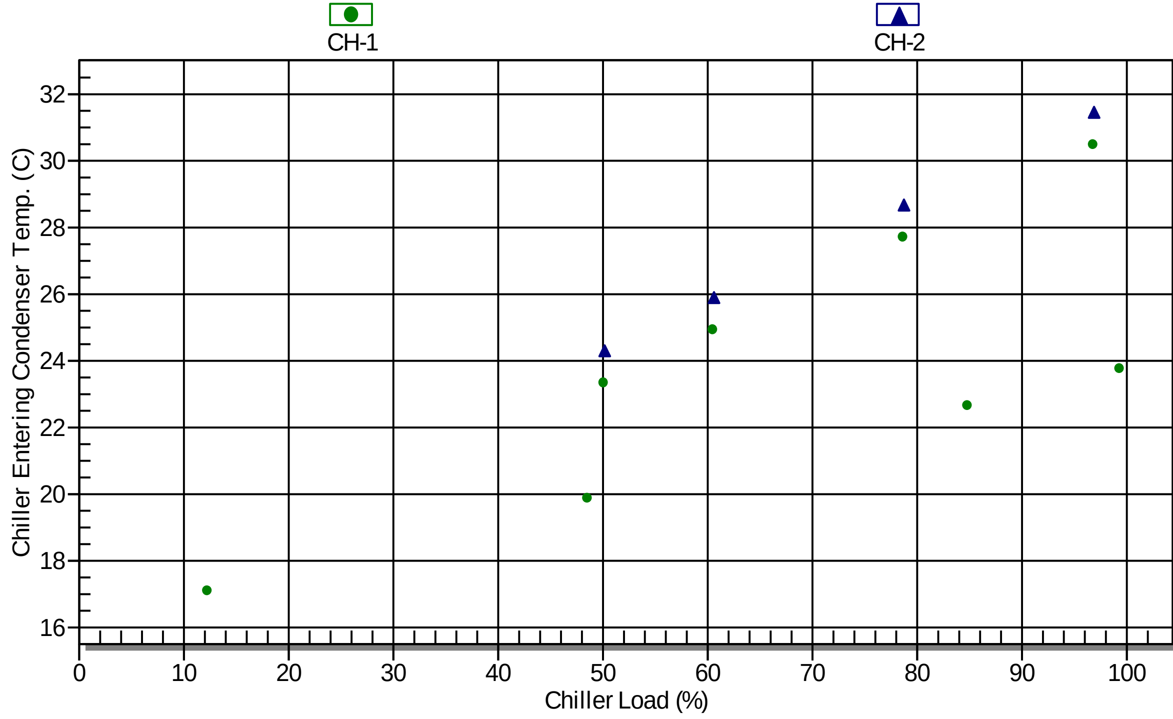
Sistem Yük Profili



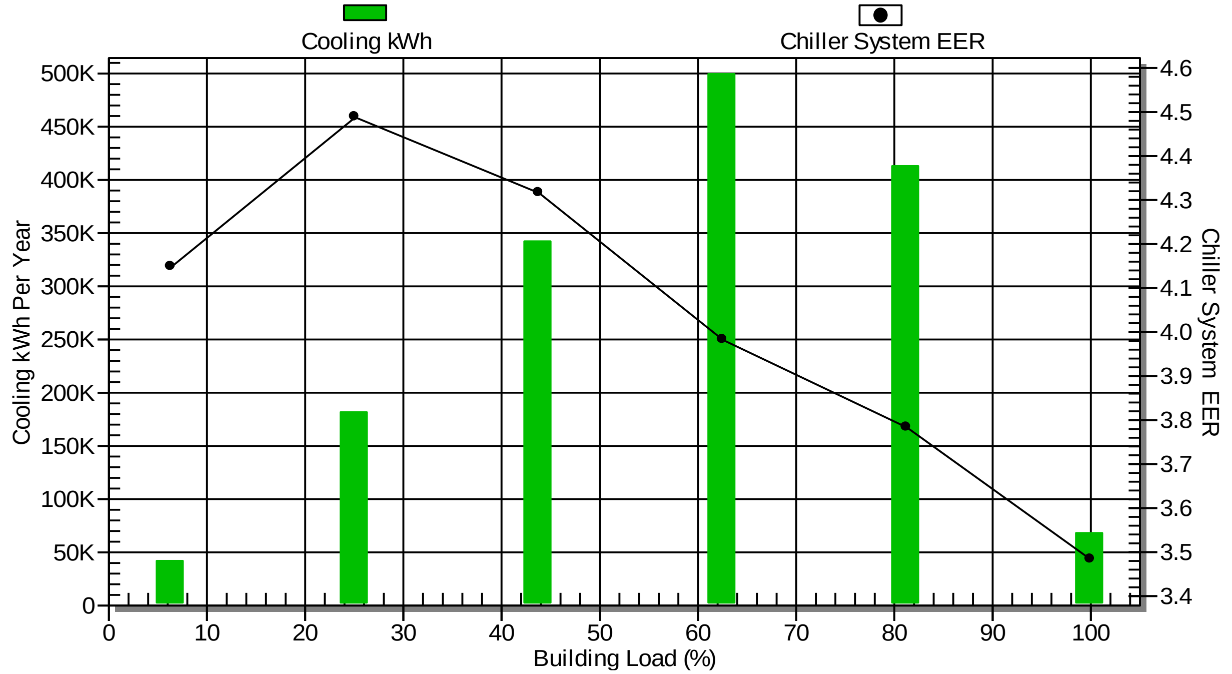
Soğutma Saatleri İstatistiği (CH-1)

IPLV Noktası (%)	Soğutma Grubu Yükü Aralığı	Yıllık Toplam Soğutma Saati	Toplam Soğutma Saati %	Yıllık Toplam Soğutma kWh	Toplam Soğutma kWh %	Ortalama Kondenser Giriş Sıcaklığı (C)	Kondenser Giriş Sıcaklığı Aralığı (C)
100%	87.5 - 100%	31	1.9	68,199	4.4	30.8	30.8 - 30.8
75%	62.5 - 87.5%	586	36.4	755,265	48.8	25.6	25.6 - 25.6
50%	37.5 - 62.5%	692	43.0	681,127	44.0	23.5	23.5 - 23.5
25%	0 - 37.5%	300	18.6	42,023	2.7	16.9	16.9 - 16.9
Toplam		1,609	100.0	1,546,613	100.0		

Kondenser Sıcaklık Profili



Sistem Performans Profili



4.1.2. Sabit Devirli Kompresörlü / Değişken Devirli Kompresörlü

Soğutma grubunun kompresörünün parçalı yüklerde çalışması çeşitli yöntemlerle sağlanır. Bu yöntemler parçalı yükte kompresörün daha az enerji çekmesi amaçlıdır. Bu yöntemlere ek olarak veya bazı cihazlarda sadece kompresörün devrini düşürerek parçalı yüklerde çok daha fazla enerji tasarrufu yapmak mümkün olmaktadır.

Son dönemlerde iklimlendirme uygulamalarında değişken devir sürücülerinin kullanımı gittikçe yükselen bir hızla artmaktadır.

Fan/Pompa kanunlarına göre;

1. Kapasite devirle doğru orantılı olarak değişir:

$$Akış_2 = Akış_1 (Hız_2 / Hız_1)$$

2. Basma yüksekliği devrin karesiyle doğru orantılı olarak değişir:

$$Basma\ yüksekliği_2 = Basma\ yüksekliği_1 (Hız_2 / Hız_1)^2$$

3. Güç devrin küpüyle doğru orantılı olarak değişir:

$$Güç_2 = Güç_1 (Hız_2 / Hız_1)^3$$

Kompresör motorlarının değişken devir sürücüsü ile gerektiği zaman devrinin düşürülmesi, ciddi bir güç tasarrufu, dolayısıyla parçalı yüklerde verim artışı sağlamaktadır.

Değişken devir sürücüsünün soğutma gruplarında sağladığı avantajlar ve dezavantajlar şunlardır: [3]

+ Parçalı yük verimini yükseltir.
+ Yüksek güç faktörü sayesinde motorun enerji kullanma verimini yükseltir.
+ Daha küçük kablo kesiti gerektirir.
+ İlk kalkış akımını ve mekanik gerilimi düşürür.
+ Parçalı yüklerde soğutma grubunun gürültüsünü düşürür. (Bazı kompresörlerde)
– İlk yatırım maliyeti yüksektir.
– Bakım maliyeti yüksektir.
– Elektrik tesisatına harmonik gürültü yayar.

4.1.2.1. Karşılaştırılan Sistemler ve Yapılan Kabuller

Karşılaştırma yapılacak bina ofis olarak kullanılmaktadır. Soğutma tesisi sadece konfor soğutması için hizmet vermektedir. Karşılaştırma, toplam soğutma yükünü karşılayacak iki adet eş kapasiteli sabit ve değişken devirli su soğutmalı vidalı kompresörlü soğutma gruplarının enerji tüketimlerini analiz etmek için yapılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken şu kabuller yapılmıştır:

– 2200 kW soğutma yükünü karşılamak üzere 2 adet paralel bağlı soğutma grubu kullanılmaktadır.
– Su soğutmalı vidalı kompresörlü sabit devirli soğutma grubu; 1123 kW soğutma kapasitesine, EER: 5.30, ESEER: 6.23 (EN14511-3: 2013) IPLV: 7.61 (AHRI 550/590) verim değerlerine sahiptir.
– Su soğutmalı vidalı kompresörlü değişken devirli soğutma grubu; 1140 kW soğutma kapasitesine, EER: 5.45, ESEER: 7.79 (EN14511-3: 2013) IPLV: 9.25 (AHRI 550/590) verim değerlerine sahiptir.
– Sistem sadece birincil sabit debili olacak şekilde öngörülmüştür.
– İklim şartları olarak İstanbul'un ASHRAE'de belirtilen değerleri alınmıştır.
– Binanın sadece hafta için 07:00 – 19:00 saatleri arasında çalıştığı kabul edilmiştir.
– 30.8 ^oC dış hava sıcaklığında 2200 kW soğutma yükü olduğu, 16 ^oC ve daha düşük dış hava sıcaklığında soğutma yükü olmadığı varsayılmıştır. Bu sıcaklıklar arasında yükün dış hava sıcaklığı ile orantılı olarak değiştiği kabul edilmiştir.

- Kule fanlarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Kule fanlarının değişken devirli olduğu varsayılmıştır. Kule fanlarının elektrik tüketimi olarak, birim soğutma yükü için 0.015 kW değeri kabul edilmiştir.
- Kuleden gelen minimum su sıcaklığı 18 ^oC olarak kabul edilmiştir.
- Evaporatör (Birincil devre) ve kondenser pompalarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Pompaların tümünün sabit devirli olduğu varsayılmıştır. Pompa basma yükseklikleri evaporatör (Birincil devre) için 150 kPa, kondenser devresi için 150 kPa olarak alınmıştır. Pompa verimleri %75 olarak kabul edilmiştir.
- Enerji bedeli 0.30 TRL/kWh olarak kabul edilmiştir.
- Analiz sadece elektrik enerjisi sarfiyatı gözönünde bulundurularak yapılmıştır. Su ve su şartlandırma sarfiyatı hesaba katılmamıştır.

4.1.2.2. Chiller System Optimizer Ekonomik Analiz Raporları

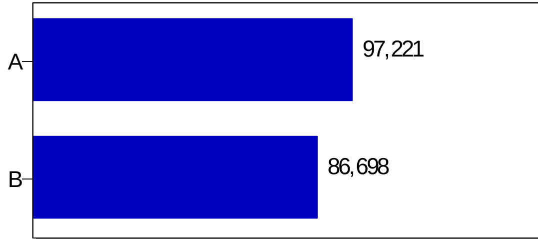
Chiller System Optimizer programı ile yapılan analizde, yapılan kabuller dahilinde, değişken devirli kompresörlü su soğutmalı gruplardan oluşan soğutma tesisinin, sabit devirli kompresörlü su soğutmalı gruplardan oluşan soğutma tesisine göre %11 daha az enerji harcadığı görülmektedir.

Soğutma Grubu Ekonomik Analiz Özeti

1. Genel Özet

Ekonomik Ölçüt	Bu Ölçütler İçin En İyi Sistem Tasarımı	Değer (TRL)
En Düşük Yıllık Enerji Maliyeti	(B) Sistem VFD Su Soğutmalı	86,698

Enerji + Yakıt Maliyeti (TRL)



2. Maliyet ve Enerji Kullanım Detayları

	(A) Sistem Su Soğutmalı	(B) Sistem VFD Su Soğutmalı	Kazanç	Kazanç Oranı
Yıllık Enerji Maliyet Detayları				
Soğutma Gr. Elektrik Maliyeti (TRL)	70,494	59,886	10,608	15%
Soğutma Gr. Yakıt Maliyeti (TRL)	0	0	0	0%
Soğutma Kulesi Fanları (TRL)	11,932	11,983	(51)	0%
Soğutma Suyu Pompası (TRL)	6,240	6,300	(61)	-1%
Kondenser Suyu Pompası (TRL)	8,555	8,528	27	0%
Toplam Enerji Maliyeti (TRL)	97,221	86,698	10,523	11%
Yıllık Enerji Kullanım Detayları				
Soğutma Grupları (kWh/yr)	234,980	199,621	35,359	15%
Soğutma Kulesi Fanları (kWh/yr)	39,773	39,943	(169)	0%
Soğutma Suyu Pompası (kWh/yr)	20,799	21,002	(203)	-1%
Kondenser Suyu Pompası (kWh/yr)	28,517	28,428	89	0%
Toplam Elektrik (kWh/yr)	324,070	288,993	35,077	11%
Toplam Doğal Gaz Kullanımı (THM)	0	0	0	0%
Toplam Buhar Kullanımı (MMBTU)	0	0	0	0%

3. Girilen Veri Özetleri

Hava
Şehir .... İstanbul, Türkiye
Çalışma Saatleri ....0700-1900: Haftai İçi
.... Tüm Gün Kapalı: Cumartesi
.... Tüm Gün Kapalı: Pazar

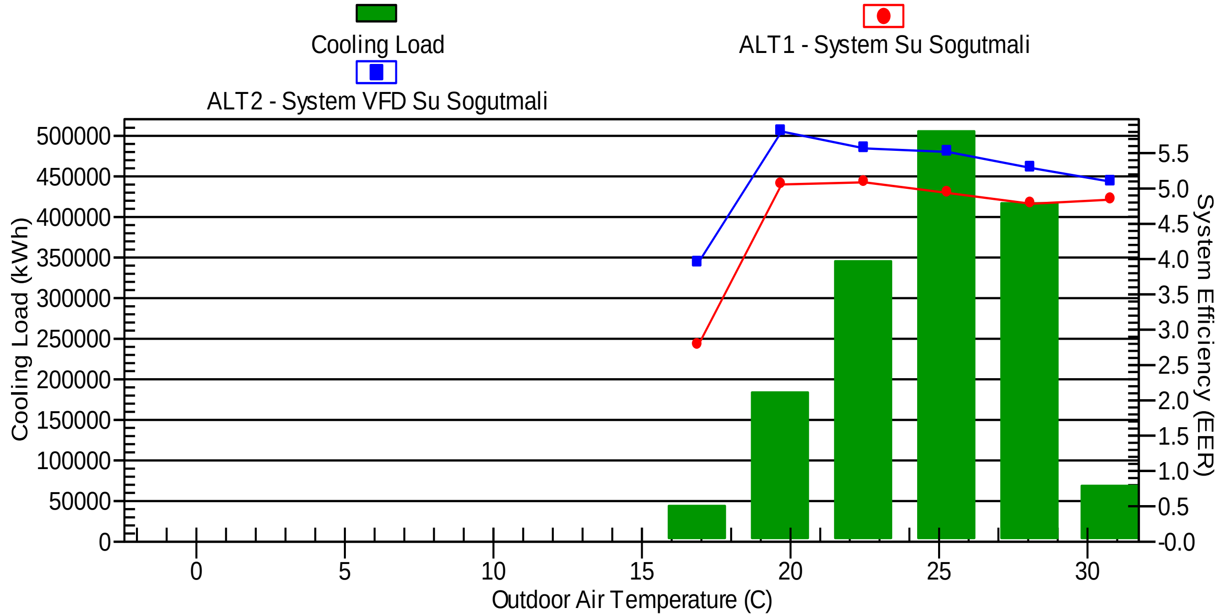
Yük (Soğutma)
En fazla Bina Yükü .... 2,200 kW @ 30.8 C
Bina Yükü #2 .... 0 kW @ 16.0 C
Dış Hava Ekonomizör Kullanımı .... Hayır

Analiz Değişkenleri
Analiz Tipi .... Sadece Enerji Maliyeti
Pompa Enerji Kullanımlarını İçeriyor ....Evet
Soğutma Kulesi Fanı Enerji Kullanımlarını İçeriyor.............Evet

Soğutma Grubu Sistemleri
(A) Sistem Hava Soğutmalı
(B) Sistem Su Soğutmalı

Ekonomik Veriler
Elektrik Enerjisi .... 0.300 TRL/kWH
Elektrik Talebi ....0.000 TRL/kW

Yıllık Sistem Verimlilik Raporu

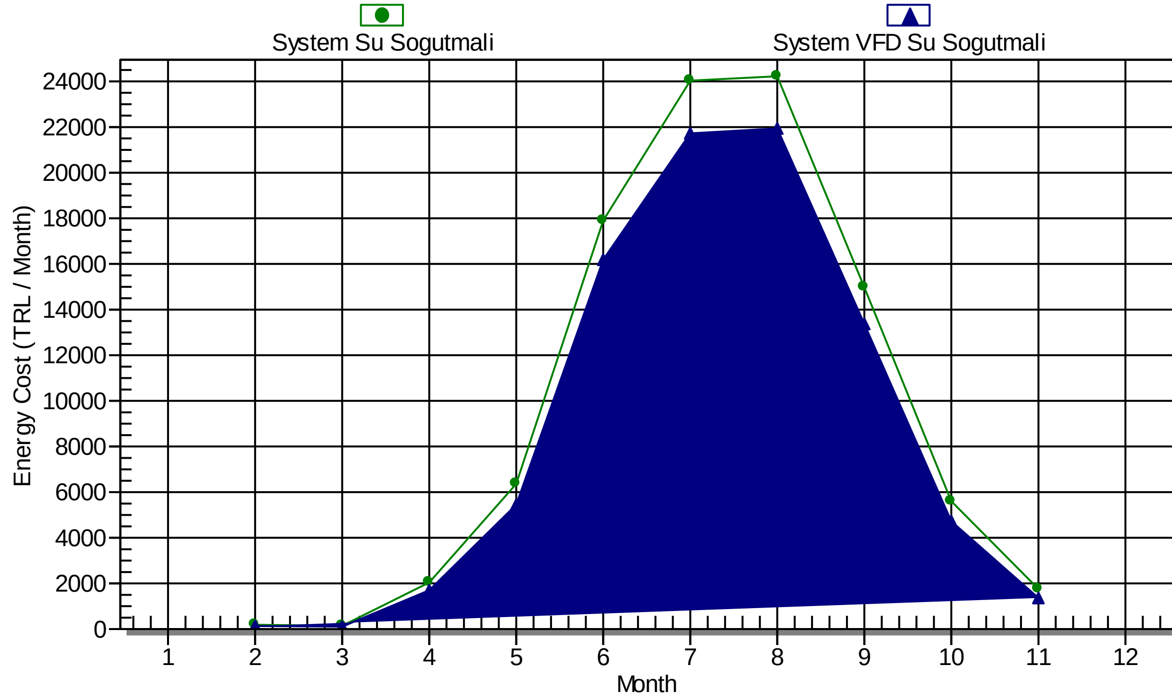


1. Yıllık Soğutma Sistem Verimi

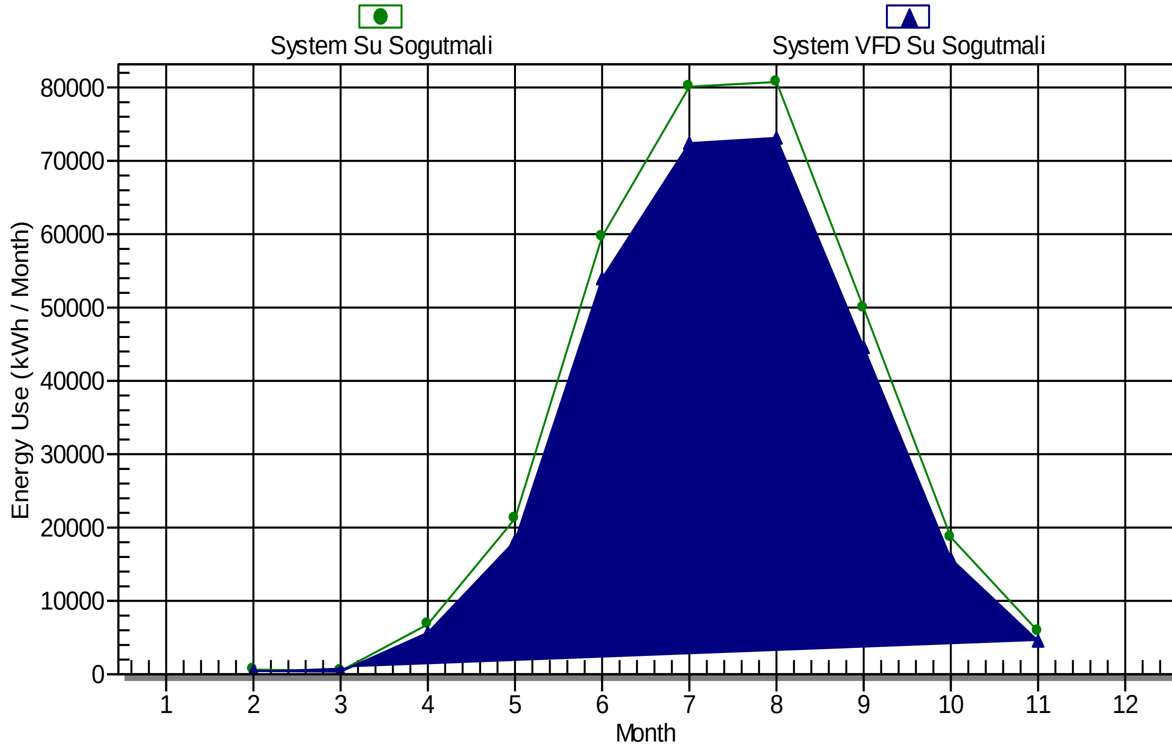
Soğutma Grubu Sistemi	Yıllık Soğutma Sistemi Verimi (EER)	Soğutma Sistemi Yükü (kW)	Soğutma İçin Enerji Kullanımı (kWh)	Soğutma Grubu Elektrik Tüketimi (kWh)	Soğutma Grubu Yakıt Tüketimi (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)
ALT1 - Sistem Su Soğutmalı	4.830	1,565,325	324,070	234,980	0	20,799	28,517	39,773
ALT2 - Sistem VFD Su Soğutmalı	5.417	1,565,507	288,993	199,621	0	21,002	28,428	39,943

Yıllık Soğutma Sistem Verimi EER = (Soğutma Sistemi Yükü kW) / (Toplam Soğutma Enerji Kullanımı kWh)

Aylara Göre Enerji Maliyeti



Aylara Göre Enerji Kullanımı



Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Su Soğutmalı]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Şubat	619	186	95.0	0	186	0	0	186
Mart	475	143	106.0	0	143	0	0	143
Nisan	6,809	2,043	262.5	0	2,043	0	0	2,043
Mayıs	21,211	6,363	280.9	0	6,363	0	0	6,363
Haziran	59,663	17,899	450.7	0	17,899	0	0	17,899
Temmuz	80,110	24,033	443.7	0	24,033	0	0	24,033
Ağustos	80,748	24,224	479.5	0	24,224	0	0	24,224
Eylül	49,914	14,974	438.2	0	14,974	0	0	14,974
Ekim	18,679	5,604	262.3	0	5,604	0	0	5,604
Kasım	5,842	1,753	187.6	0	1,753	0	0	1,753
Aralık	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Toplam	**324,070**	**97,221**	**-**	**0**	**97,221**	**0**	**0**	**97,221**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem VFD Su Soğutmalı]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Şubat	448	134	81.5	0	134	0	0	134
Mart	353	106	92.1	0	106	0	0	106
Nisan	5,660	1,698	236.2	0	1,698	0	0	1,698
Mayıs	18,169	5,451	251.4	0	5,451	0	0	5,451
Haziran	53,960	16,188	428.4	0	16,188	0	0	16,188
Temmuz	72,405	21,722	419.5	0	21,722	0	0	21,722
Ağustos	73,130	21,939	457.9	0	21,939	0	0	21,939
Eylül	44,585	13,375	412.4	0	13,375	0	0	13,375
Ekim	15,752	4,725	235.9	0	4,725	0	0	4,725
Kasım	4,532	1,360	170.3	0	1,360	0	0	1,360
Aralık	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Toplam	**288,993**	**86,698**	**-**	**0**	**86,698**	**0**	**0**	**86,698**

Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Su Soğutmalı]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	0	0	0	0	0	0	0	0
Şubat	2,035	352	91	140	36	619	0	0
Mart	1,592	266	66	102	41	475	0	0
Nisan	30,995	4,392	648	957	812	6,809	0	0
Mayıs	98,884	14,231	1,722	2,502	2,756	21,211	0	0
Haziran	299,326	43,883	3,566	4,761	7,453	59,663	0	0
Temmuz	389,211	60,091	4,562	6,012	9,444	80,110	0	0
Ağustos	383,385	60,983	4,496	5,936	9,332	80,748	0	0
Eylül	252,223	35,277	3,267	4,544	6,825	49,914	0	0
Ekim	86,209	12,009	1,674	2,489	2,506	18,679	0	0
Kasım	21,465	3,495	707	1,072	568	5,842	0	0
Aralık	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	**1,565,325**	**234,980**	**20,799**	**28,517**	**39,773**	**324,070**	**0**	**0**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem VFD Su Soğutmalı]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	0	0	0	0	0	0	0	0
Şubat	2,036	182	92	140	33	448	0	0
Mart	1,593	143	67	102	41	353	0	0
Nisan	31,003	3,251	656	954	798	5,660	0	0
Mayıs	98,903	11,177	1,743	2,494	2,755	18,169	0	0
Haziran	299,355	38,121	3,598	4,746	7,495	53,960	0	0
Temmuz	389,245	52,317	4,599	5,994	9,496	72,405	0	0
Ağustos	383,418	53,294	4,534	5,917	9,385	73,130	0	0
Eylül	252,251	29,893	3,299	4,530	6,862	44,585	0	0
Ekim	86,229	9,058	1,696	2,481	2,516	15,752	0	0
Kasım	21,474	2,185	716	1,069	562	4,532	0	0
Aralık	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	**1,565,507**	**199,621**	**21,002**	**28,428**	**39,943**	**288,993**	**0**	**0**

4.2. Farklı Özelliklerdeki Soğutma Tesislerinin Karşılaştırılması

4.2.1. Birincil Sabit - İkincil Değişken Debili İki Ayrı Devreli / Değişken Debili Tek Devreli Soğutma Tesisleri

4.2.1.1. Birincil Sabit - İkincil Değişken Debili İki Ayrı Devreli Soğutma Tesisleri

Birincil sabit ikincil değişken debili soğutma tesisatı, genel olarak bir denge (de-coupler) borusu ile bağlanan iki bağımsız su devresinden oluşur. Soğutma gruplarının güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak ve farklı çalışma profiline sahip soğutucu ünitelerin ihtiyaç duydukları yüke uygun debide soğuk suyu iletebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Birincil devrede, sabit debili, ikincil devrede değişken debili su dolaşımı söz konusudur. Birincil devredeki sabit devirli pompalar soğuk suyu soğutma grupları üzerinden dolaştırırken, ikincil devredeki değişken devirli pompalar soğuk suyu dağıtım sistemi yoluyla soğutucu üniteler üzerinden dolaştırır. (Şekil 4.3)

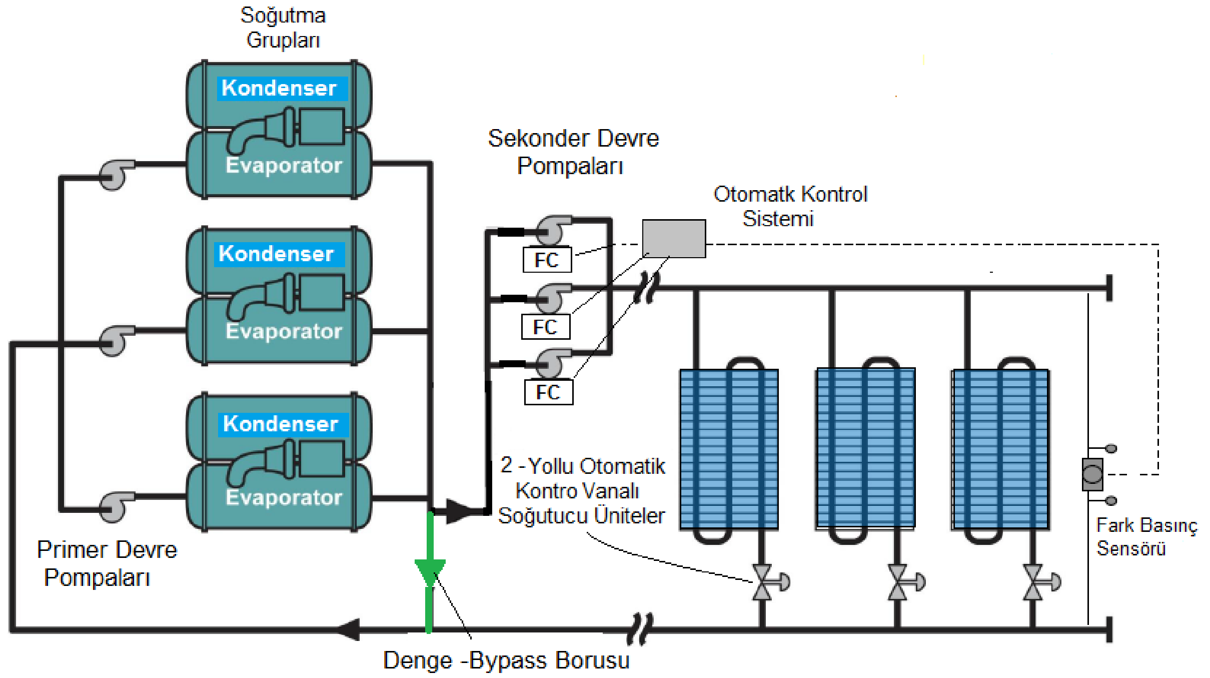
Her devrenin hidrolik açıdan bağımsızlığı, ikincil devredeki değişken akışın, birincil devredeki sabit akışı etkilemesini önler. Devrelerin içindeki pompa setleri, herbiri kendi devresindeki ekipmanların basınç kayıplarını yenebilecek kabiliyette tasarlanmıştır.

Tipik olarak ikincil ve birincil pompaların emiş tarafında olacak şekilde yerleştirilen denge borusu, iki devrenin birbirlerinden bağımsız olmalarını sağlar.

Parçalı yükte çalışma koşullarında, ikincil devredeki soğutucu ünitelerin iki yollu kontrol vanaları kapanmaya başlar. Bu durumda fark basınç sensörünün tespit ettiği basınç artar. Bunun sonucu olarak, kontrol sistemi pompa devrini düşürür.

İkincil devreden gelen akışın azalması, birincil devredeki soğutma grupları üzerindeki sabit akışı sağlamak için soğuk suyun besleme tarafından geri dönüş tarafına akması sonucunu doğurur. Bu durumda soğutma grubunun dönüş su sıcaklığı ile gidiş su sıcaklığı arasındaki fark azalır. Düşük ΔT sendromu adı verilen bu durum verimlilik açısından istenmeyen bir durumdur. İdealde denge borusu boyunca herhangi bir akış istenmemektedir. Ancak denge borusunda nadiren bir akış yoktur. Çünkü tesisler yılın büyük bölümünde kısmi yükte çalışırlar.

İkincil devredeki pompalar, pompa motoruna iletilen elektrik gücünün frekansını değiştiren değişken frekanslı bir sürücü ile tahrik edilmektedir. Elektrik frekansı motor ve pompa devri ile bu da soğuk su debisi ile orantılı olduğu için ihtiyaç duyulan debi kolayca ayarlanır. Sürücü, tesisatın en uzak konumunda bulunan bir fark basınç sensöründen alınan bilgiye göre kontrol edilir [4].



Şekil 4.3. Birincil sabit - İkincil değişken soğutma tesisatı şeması

Birincil sabit - İkincil değişken soğutma tesisatının avantajları ve dezavantajları şöyledir:

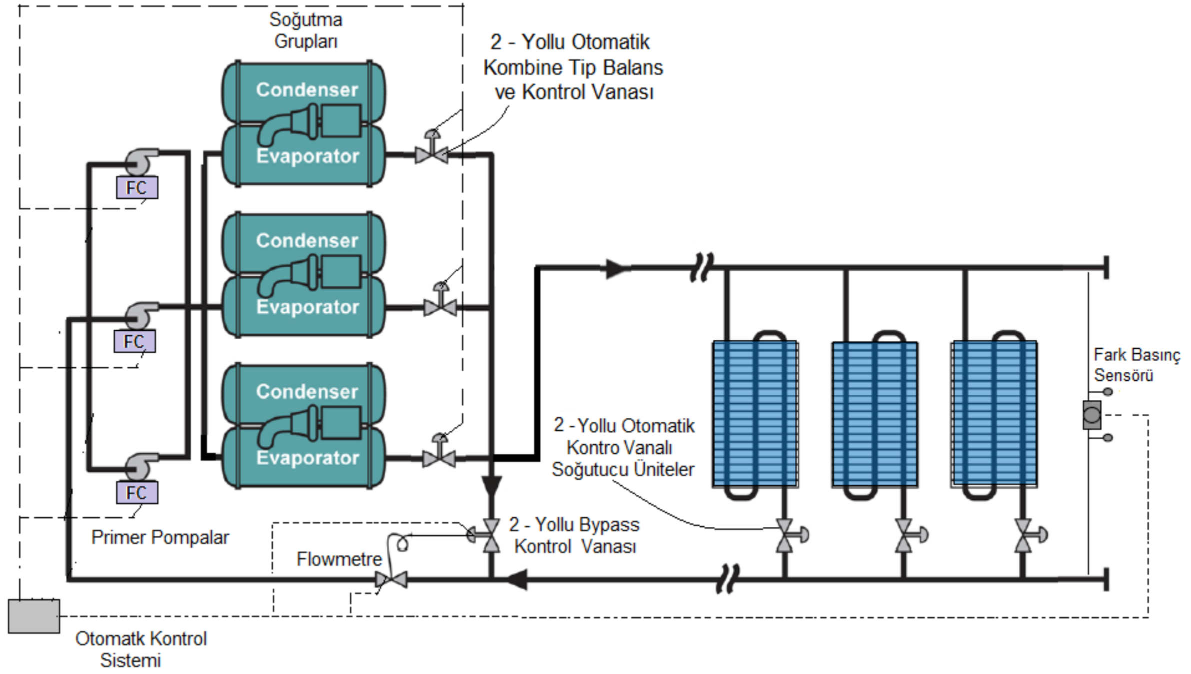
+ Soğutma grubunun evaporatöründen sabit debi geçtiği için, soğutma grubunun çalışmasının kesintiye uğraması riski yoktur.
+ Otomatik kontrolü basittir.
+ Çok yaygın olarak uygulandığı için tecrübe edilmiş bir sistemdir.
+ Sistemdeki toplam basma yüksekliği iki ayrı devredeki pompalar tarafından paylaşılmaktadır.
– İlk yatırım maliyeti yüksektir.
– Düşük ΔT sendromu ve sabit devirli birincil pompalardan dolayı işletme maliyeti yüksektir.
– Bakım maliyeti yüksektir.
– Daha fazla mekanik alan ihtiyacı vardır.

4.2.1.2. Değişken Debili Tek Devreli Soğutma Tesisleri

Son yıllarda otomatik kontrol sistemlerinin gelişmesi ve chiller teknolojisindeki iyileşmeler sayesinde değişken debili tek devreli sistemler daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistem soğutma tesisi ve soğuk su dağıtım sistemini biraraya getirir.

Bu sistemde soğutma suyunun debisini, soğutucu ünitelerin soğutma yüküne (iki yollu kontrol vanalarının konumu) uygun olacak şekilde değiştirmek için değişken devirli pompalar kullanılmaktadır. Bu pompalar soğuk suyu hem soğutma grupları hem dağıtım devresindeki soğutucu üniteler üzerinden dolaştırır. Böylece soğutma grupları için ayrıca bir pompa ihtiyacı ortadan kalkmış olur. Ancak bu durum soğutma grubunun evaporatöründe su debisinin değişken olması gerekliliğine yol açar.

Bu durum soğutma grubu üreticileri tarafından ancak bazı kısıtlamalarla kabul edilebilir. Üreticiler evaporatörden geçen debi için üst ve alt sınırlar koymuşlardır. Ayrıca debideki değişim hızını da sınırlamışlardır. Bu kısıtlamalardan dolayı tesisatta bazı önlemler almak gerekmektedir. Bu önlemlerin en önemlisi, minimum akışı temin edebilecek bir by-pass hattı ve kontrol vanasının tesis edilmesidir. Sistem yükü ve dolayısıyla soğuk su debisi, soğutma grupları için gereken minimum debinin altına düştüğü zaman iki yollu by-pass kontrol vanası açılır ve soğuk suyun bir kısmının soğutma gruplarına geri dönmesine izin verir. Bu kontrolün düzgün çalışabilmesi, soğuk su debisinin doğru bir şekilde ölçülmesine bağlıdır. By-pass kontrol vanasının düzgün şekilde açılıp kapanamaması durumunda soğutma gruplarının düşük debi nedeniyle arızaya geçmesi söz konusu olabilir [4].



Şekil 4.4. Değişken debili tek devreli soğutma tesisatı şeması

Değişken debili tek devreli soğutma tesisatının avantajları ve dezavantajları şöyledir:

+ Düşük ΔT sendromu ihtimali bulunmamaktadır. işletme maliyeti düşüktür
+ İlk yatırım maliyeti düşüktür.
+ Bakım maliyeti düşüktür.
+ Daha az mekanik alan ihtiyacı vardır.
– Otomatik kontrolü komplekstir.
– Soğutma grubunun evaporatöründen geçmesi gereken minimum debiyi sağlamak için ikinci grubun devreye girmesinin kontrolü özenle yapılmalıdır.
– Yaygın olarak uygulanmadığı için az tecrübe edilmiş bir sistemdir.
– Sistemdeki toplam basma yüksekliği tek pompa ile sağlanır. Pompaların motorları büyüktür.

4.2.1.3. Karşılaştırılan Sistemler ve Yapılan Kabuller

Karşılaştırma yapılacak bina hastane olarak kullanılmaktadır. Soğutma tesisi, konfor ve hastanede bulunan sürekli soğutma gerektiren ekipman ve odaların proses soğutması için hizmet vermektedir. Karşılaştırma; toplam soğutma yükünü karşılayacak üç adet eş kapasiteli, değişken devirli, su soğutmalı santrifüj kompresörlü soğutma gruplarının farklı iki sistemdeki enerji tüketimlerini analiz etmek için yapılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken şu kabuller yapılmıştır:

– 5800 kW soğutma yükünü karşılamak üzere 3 adet paralel bağlı soğutma grubu kullanılmaktadır.
– Su soğutmalı santrifüj kompresörlü değişken devirli soğutma grubu; 2000 kW soğutma kapasitesine, EER: 5.93, ESEER: 8.37 (EN14511-3: 2013) IPLV: 9.49 (AHRI 550/590) verim değerlerine sahiptir.
– İklim şartları olarak İstanbul'un ASHRAE'de belirtilen değerleri alınmıştır.
– Binanın 7/24 sürekli çalıştığı kabul edilmiştir.
– 30.8 ^{o}C dış hava sıcaklığında 5800 kW soğutma yükü olduğu, 16 ^{o}C dış hava sıcaklığında 400 soğutma yükü olduğu ve bu sıcaklıklar arasında yükün dış hava sıcaklığı ile orantılı olarak değiştiği kabul edilmiştir. 16 ^{o}C altında 400 kW yükün sabit kaldığı varsayılmıştır.

- Kule fanlarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Kule fanlarının değişken devirli olduğu varsayılmıştır. Kule fanlarının elektrik tüketimi olarak, birim soğutma yükü için 0.015 kW değeri kabul edilmiştir.
- Kuleden gelen minimum su sıcaklığı 18 ^{o}C olarak kabul edilmiştir.
- Birincil sabit ikincil değişken soğutma sistemi için evaporatör (Birincil ve ikincil devre) ve kondenser pompalarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Sabit devirli birincil devre pompasının basma yüksekliği 100 kPa, değişken devirli ikincil devre pompasının basma yüksekliği 150 kPa, sabit devirli kondenser devresi pompasının basma yüksekliği 150 kPa olarak alınmıştır. Pompa verimleri %75 olarak kabul edilmiştir.
- Değişken debili tek devreli soğutma sistemi için evaporatör ve kondenser pompalarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Değişken devirli birincil devre pompasının basma yüksekliği 230 kPa, minimum debi oranı %40 olarak alınmıştır. Değişken devirli kondenser devresi pompasının basma yüksekliği 150 kPa, minimum debi oranı %80 olarak alınmıştır. Pompa verimleri %75 olarak kabul edilmiştir.
- Enerji bedeli 0.30 TRL/kWh olarak kabul edilmiştir.
- Analiz sadece elektrik enerjisi sarfiyatı gözönünde bulundurularak yapılmıştır. Su ve su şartlandırma sarfiyatı hesaba katılmamıştır.

4.2.1.4. Chiller System Optimizer Ekonomik Analiz Raporları

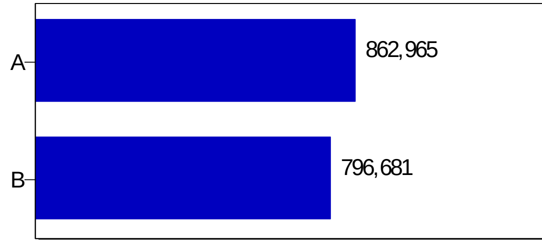
Chiller System Optimizer programı ile yapılan analizde, yapılan kabuller dahilinde, değişken debili tek devreli ve kondenser pompası da değişken devirli olan tesisin, birincil sabit ikincil değişken debili tesise göre %8 daha az enerji harcadığı görülmektedir.

Soğutma Grubu Ekonomik Analiz Özeti

1. Genel Özet

Ekonomik Ölçüt	Bu Ölçütler İçin En İyi Sistem Tasarımı	Değer (TRL)
En Düşük Yıllık Enerji Maliyeti	(B) Sistem Değişken Tek Devreli	796,681

Enerji + Yakıt Maliyeti (TRL)



2. Maliyet ve Enerji Kullanım Detayları

	(A) Sistem Birincil Sabit İkincil Değişken	(B) Sistem Değişken Tek Devreli	Kazanç	Kazanç Oranı
Yıllık Enerji Maliyet Detayları				
Soğutma Gr. Elektrik Maliyeti (TRL)	518,797	509,707	9,090	2%
Soğutma Gr. Yakıt Maliyeti (TRL)	0	0	0	0%
Soğutma Kulesi Fanları (TRL)	85,162	84,410	752	1%
Soğutma Suyu Pompası (TRL)	138,327	100,948	37,379	27%
Kondenser Suyu Pompası (TRL)	120,679	101,615	19,064	16%
Toplam Enerji Maliyeti (TRL)	862,965	796,681	66,284	8%
Yıllık Enerji Kullanım Detayları				
Soğutma Grupları (kWh/yr)	1,729,325	1,699,024	30,301	2%
Soğutma Kulesi Fanları (kWh/yr)	283,873	281,368	2,505	1%
Soğutma Suyu Pompası (kWh/yr)	461,089	336,493	124,597	27%
Cond. Water Pumps (kWh/yr)	402,263	338,718	63,545	16%
Toplam Elektrik (kWh/yr)	2,876,551	2,655,602	220,948	8%
Toplam Doğal Gaz Kullanımı (THM)	0	0	0	0%
Toplam Buhar Kullanımı (MMBTU)	0	0	0	0%

3. Girilen Veri Özetleri

Hava

Şehir .... İstanbul, Türkiye
Çalışma Saatleri ....Tüm Gün: Haftai İçi
....Tüm Gün: Cumartesi
.... Tüm Gün: Pazar

Yük (Soğutma)

En fazla Bina Yükü .... 5,800 kW @ 30.8 C
Bina Yükü #2 .... 400 kW @ 16.0 C
Bina Yükü #3 .... 400 kW @ -2.5 C
Dış Hava Ekonomizör Kullanımı .... Hayır

Analiz Değişkenleri

Analiz Tipi .... Sadece Enerji Maliyeti
Pompa Enerji Kullanımlarını İçeriyor ....Evet
Soğutma Kulesi Fanı Enerji Kullanımlarını İçeriyor.............Evet

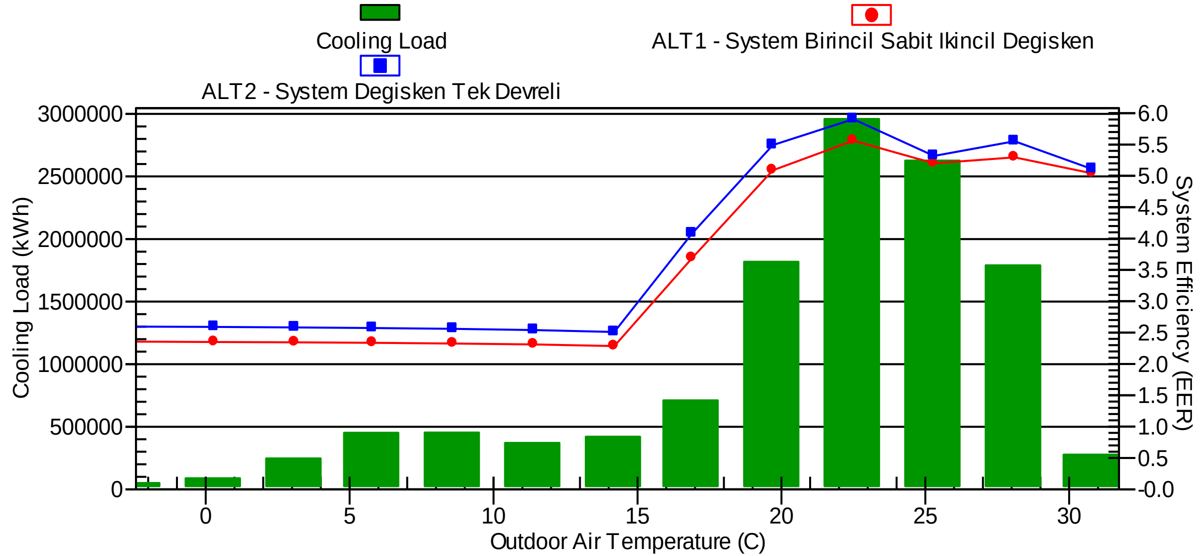
Soğutma Grubu Sistemleri

(A) Sistem Birincil Sabit İkincil Değişken
(B) Sistem Değişken Tek Devreli

Ekonomik Veriler

Elektrik Enerjisi .... 0.300 TRL/kWH
Elektrik Talebi ....0.000 TRL/kW

Yıllık Sistem Verimlilik Raporu

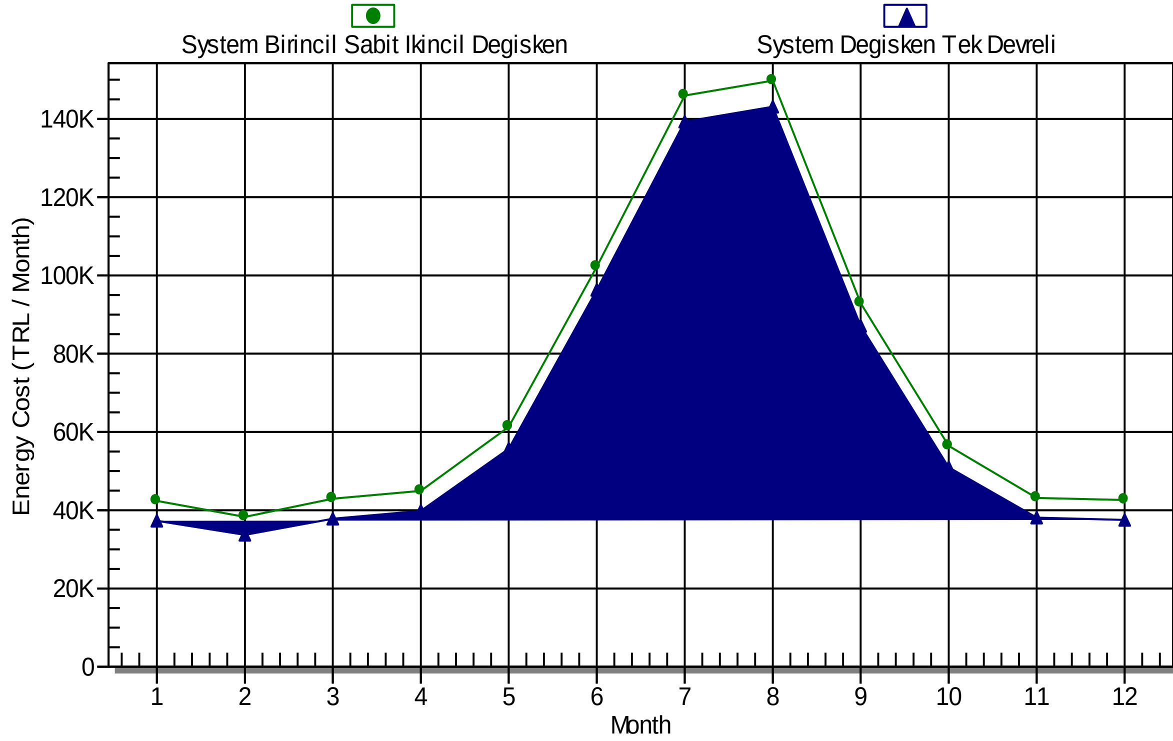


1. Yıllık Soğutma Sistem Verimi

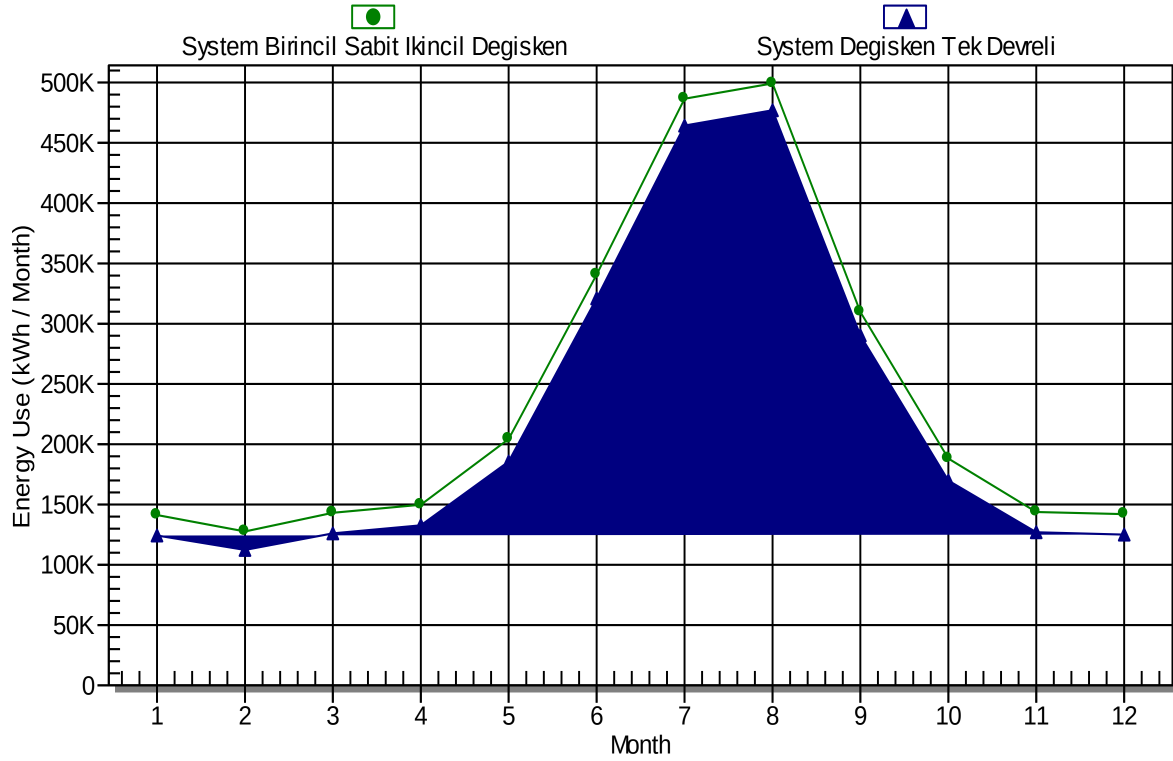
Soğutma Grubu Sistemi	Yıllık Soğutma Sistemi Verimi (EER)	Soğutma Sistemi Yükü (kW)	Soğutma İçin Enerji Kullanımı (kWh)	Soğutma Grubu Elektrik Tüketimi (kWh)	Soğutma Grubu Yakıt Tüketimi (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)
ALT1 - Sistem Birincil Sabit İkincil Değişken	4.263	12,262,752	2,876,551	1,729,325	0	461,089	402,263	283,873
ALT2 - Sistem Değişken Tek Devreli	4.573	12,143,757	2,655,602	1,699,024	0	336,493	338,718	281,368

Yıllık Soğutma Sistem Verimi EER = (Soğutma Sistemi Yükü kW) / (Toplam Soğutma Enerji Kullanımı kWh)

Aylara Göre Enerji Maliyeti



Aylara Göre Enerji Kullanımı



Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Birincil Sabit İkincil Değişken]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	141,309	42,393	191.8	0	42,393	0	0	42,393
Şubat	127,646	38,294	279.3	0	38,294	0	0	38,294
Mart	143,170	42,951	466.4	0	42,951	0	0	42,951
Nisan	149,737	44,921	687.0	0	44,921	0	0	44,921
Mayıs	204,279	61,284	885.1	0	61,284	0	0	61,284
Haziran	340,714	102,214	1,151.3	0	102,214	0	0	102,214
Temmuz	486,655	145,997	1,149.2	0	145,997	0	0	145,997
Ağustos	499,281	149,784	1,223.7	0	149,784	0	0	149,784
Eylül	309,775	92,933	1,113.6	0	92,933	0	0	92,933
Ekim	188,174	56,452	695.2	0	56,452	0	0	56,452
Kasım	143,766	43,130	473.2	0	43,130	0	0	43,130
Aralık	142,045	42,614	212.6	0	42,614	0	0	42,614
Toplam	**2,876,551**	**862,965**	**-**	**0**	**862,965**	**0**	**0**	**862,965**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Değişken Tek Devreli]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	124,279	37,284	168.9	0	37,284	0	0	37,284
Şubat	112,274	33,682	253.6	0	33,682	0	0	33,682
Mart	126,029	37,809	436.6	0	37,809	0	0	37,809
Nisan	132,839	39,852	669.1	0	39,852	0	0	39,852
Mayıs	185,663	55,699	839.1	0	55,699	0	0	55,699
Haziran	321,007	96,302	1,133.9	0	96,302	0	0	96,302
Temmuz	464,248	139,274	1,131.8	0	139,274	0	0	139,274
Ağustos	477,047	143,114	1,206.9	0	143,114	0	0	143,114
Eylül	290,410	87,123	1,095.4	0	87,123	0	0	87,123
Ekim	169,794	50,938	677.5	0	50,938	0	0	50,938
Kasım	127,010	38,103	442.8	0	38,103	0	0	38,103
Aralık	125,003	37,501	188.7	0	37,501	0	0	37,501
Toplam	**2,655,602**	**796,681**	**-**	**0**	**796,681**	**0**	**0**	**796,681**

Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Birincil Sabit İkincil Değişken]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	329,962	66,554	37,157	33,374	4,223	141,309	0	0
Şubat	302,823	60,301	33,561	30,144	3,640	127,646	0	0
Mart	348,995	67,547	37,159	33,374	5,090	143,170	0	0
Nisan	450,125	72,953	36,036	32,298	8,451	149,737	0	0
Mayıs	852,641	110,197	37,834	33,576	22,673	204,279	0	0
Haziran	1,795,254	221,775	39,330	33,307	46,301	340,714	0	0
Temmuz	2,543,326	345,682	45,617	37,142	58,213	486,655	0	0
Ağustos	2,561,438	358,639	45,517	37,053	58,073	499,281	0	0
Eylül	1,601,104	195,025	38,409	32,948	43,393	309,775	0	0
Ekim	760,161	96,147	37,344	33,374	21,308	188,174	0	0
Kasım	386,616	67,939	35,969	32,298	7,560	143,766	0	0
Aralık	330,306	66,566	37,157	33,374	4,949	142,045	0	0
Toplam	**12,262,752**	**1,729,325**	**461,089**	**402,263**	**283,873**	**2,876,551**	**0**	**0**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Değişken Tek Devreli]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	319,487	66,197	26,214	27,793	4,076	124,279	0	0
Şubat	293,362	59,978	23,677	25,103	3,516	112,274	0	0
Mart	338,521	67,178	26,217	27,793	4,841	126,029	0	0
Nisan	440,028	72,432	25,487	26,914	8,006	132,839	0	0
Mayıs	842,345	108,192	27,070	28,052	22,349	185,663	0	0
Haziran	1,786,007	216,868	29,636	28,427	46,075	321,007	0	0
Temmuz	2,534,047	338,135	35,812	32,088	58,213	464,248	0	0
Ağustos	2,552,181	351,193	35,736	32,045	58,073	477,047	0	0
Eylül	1,591,682	190,648	28,544	27,991	43,227	290,410	0	0
Ekim	749,782	94,514	26,501	27,824	20,955	169,794	0	0
Kasım	376,485	67,480	25,385	26,896	7,249	127,010	0	0
Aralık	319,830	66,209	26,214	27,793	4,788	125,003	0	0
Toplam	**12,143,757**	**1,699,024**	**336,493**	**338,718**	**281,368**	**2,655,602**	**0**	**0**

4.2.2. Paralel Bağlı / Ters Akışlı Seri Bağlı Soğutma Tesisleri

Birden fazla soğutma grubu bulunan soğutma tesislerinde, soğutma gruplarının paralel veya seri bağlanması tesisin verimliliğini etkiler.

Soğutma gruplarında kompresörün yaptığı iş; gaz fazındaki soğutucu akışkanı evaporatördeki basıncından kondenserdeki basıncına sıkıştırma işlemidir. Bu iki basınç arasındaki fark arttıkça yapılan iş, dolayısıyla harcanan enerji artar, fark azaldıkça yapılan iş, dolayısıyla harcanan enerji azalır.

Soğutma tesisatının tasarımı aşamasında, evaporatördeki soğutucu akışkan basıncını arttıracak ve kondenserdeki soğutucu akışkan basıncını azaltacak şekilde sistemi tasarlamak soğutma grubunun verimini arttıracaktır. Su soğutmalı kondenserli gruplarda kondenserdeki basınç kuleden gelen suyun sıcaklığına, evaporatördeki basınç da soğutma suyunun sıcaklığına bağlıdır.

4.2.2.1. Soğutma Gruplarının Paralel Bağlandığı Soğutma Tesisleri

Soğutma gruplarının paralel bağlandığı tesislerde, (Şekil 4.5.) soğuk su, birincil devredeki pompalar aracılığıyla, paralel bağlı tüm soğutma gruplarından eşit şartlarda dolaştırılır. Sistem içindeki tüm soğutma gruplarındaki dizayn kule suyu ve soğutma suyu sıcaklıkları aynıdır. (Tablo 4.1.)

Genellikle soğutma suyu sıcaklık farkının 10 ^{o}C'den küçük olduğu tesislerde tercih edilir.

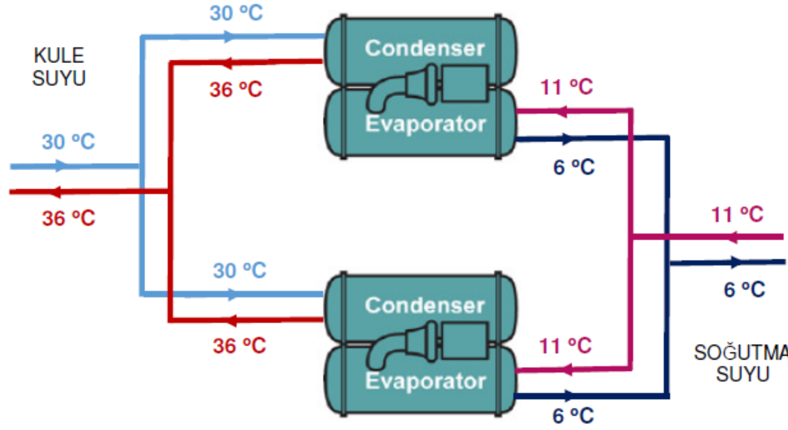
Soğuma Grubu	Evaporatör Su Çıkış Sıcaklığı	Kondenser Su Çıkış Sıcaklığı	Yaklaşık Basma Yüksekliği – Lift –
SG-1	6 ^{o}C	36 ^{o}C	**30 ^{o}C (karşılık gelen basınç)**
SG-2	6 ^{o}C	36 ^{o}C	**30 ^{o}C (karşılık gelen basınç)**

Tablo 4.1. Paralel bağlı soğutma gruplarının su sıcaklıkları ve basma yüksekliği (6/11 ^{o}C Soğutma Suyu ve 30/36 ^{o}C Kule Suyu Şartlarında)

Soğutma gruplarının paralel bağlı olduğu tesisatın avantajları ve dezavantajları şöyledir: [5]

+ Pompalardan herhangi birinin bozulması tesisin daha az kapasite kaybetmesine yol açar.
+ Birincil ve İkincil devreli paralel soğutma gruplu sistemlerde denge borusundan geçmek zorunda olan su genel olarak daha azdır.

+ Çalışmayan soğutma grubunun içinden su geçmez.
+ Soğutma gruplarının pompalara yüklediği toplam basınç kaybı daha düşüktür.
+ Gelecekteki genişleme projelerinde sisteme soğutma grubu ilave etmek kolaydır.
– Soğutma gruplarındaki yüksek basma yüksekliği sebebiyle genel tesis verimliliği düşüktür.



Şekil 4.5. Paralel bağlı soğutma gruplarının borulama şeması

4.2.2.2. Soğutma Gruplarının Ters Akışlı Seri Bağlandığı Soğutma Tesisleri

Soğutma gruplarının seri bağlandığı tesislerde, (Şekil 4.6.) peşi sıra bağlanmış olan iki soğutma grubu kademeli çalışarak soğutucu akışkanın evaporatördeki basıncından kondenserdeki basıncına basılması işini paylaşırlar. Soğutma suyu ortak bir pompa aracılığıyla önce yukarıdaki (upstream) soğutma grubuna girer. Yukarıdaki soğutma grubunda soğutulan su aşağıdaki (downstream) soğutma grubuna girer ve bu soğutma grubu tarafından hedeflenen sıcaklığa kadar soğutulur. Kule suyu ise yine ortak bir pompa ile önce aşağıdaki soğutma grubuna girer. Aşağıdaki gruptan ısınarak çıkan kule suyu yukarıdaki soğutma grubuna girer. Genellikle soğutma suyu sıcaklık farkının 10 ^{o}C'den büyük olduğu, düşük debili tesislerde seri bağlı soğutma grubu tercih edilir. Gruplar yüksek sıcaklıktan daha düşük sıcaklığa suyu sırayla ve paylaşarak soğuturlar. (Tablo 4.2.)

Soğuma Grubu	Evaporatör Su Çıkış Sıcaklığı	Kondenser Su Çıkış Sıcaklığı	Yaklaşık Basma Yüksekliği – Lift –
SG-1	6 ^{o}C	33 ^{o}C	**27 ^{o}C (karşılık gelen basınç)**
SG-2	11 ^{o}C	36 ^{o}C	**25 ^{o}C (karşılık gelen basınç)**

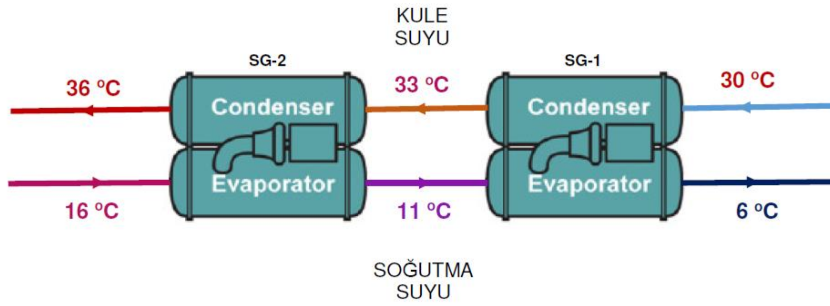
Tablo 4.2. Seri bağlı ters akışlı soğutma gruplarının su sıcaklıkları ve basma yüksekliği (6/16 ^{o}C Soğutma Suyu ve 30/36 ^{o}C Kule Suyu Şartlarında)

Soğutma tesislerinde pompa ve borulama ilk yatırım maliyetleri de önemli bir konudur. Soğutma suyunun sıcaklık farkını alışılagelmiş değerlerden fazla yapmak debide azalmaya sebep olacak ve buna paralel olarak pompa ve borulama maliyetleri düşecektir [6]. Bu tercih diğer taraftan soğutucu ünitelerin soğutma bataryalarının büyümesi sonucunu doğuracaktır.

Yukarı soğutma grubu (SG-2) soğuk su çıkış sıcaklığı yüksek ve buna bağlı olarak basma yüksekliği düşük olduğu için daha verimli çalışacaktır. Seri bağlı soğutma grupları seçilirken her ikisinin de hedeflenen soğuk su sıcaklığını sağlayacak şekilde seçilmesi önerilir. Bu sayede gruplardan birinin arıza yapması durumunda diğer gruba, bu grup hangisi olursa olsun, hedeflenen soğuk su sıcaklığına yarı kapasite için ulaşma imkanı yaratılmış olur. Soğutma gruplarından kaynaklanacak basınç kaybını azaltmak ve montaj kolaylığı için ısı değiştiricilerin tek geçişli seçilmesi önerilir.

Seri bağlı sistemlerde soğutma gruplarının verimlerinin yükselmesinden kaynaklı kazanç ile ısı değiştiricilerdeki basınç kaybının artmasından kaynaklı olarak pompalardaki kaybın analizi temel

konudur. Birincil sabi debili sistemlerde, özellikle düşük yüklerde pompalara harcanan enerji sistem verimliliğini düşürür. Birincil değişken debili sistemlerde ise parçalı yüklerde pompa devrinin düşürülebilmesi ile bu dezavantaj minimize edilmiş olur.



Şekil 4.6. Seri bağlı ters akışlı soğutma gruplarının borulama şeması

Soğutma gruplarının ters akışlı seri bağlı olduğu tesisatın avantajları ve dezavantajları şöyledir:

+ Soğutma grupları basma yüksekliğini kademeli olarak paylaştıkları için genel tesis verimliliği yüksektir.
– Pompalardan herhangi birinin bozulması tesisin daha çok kapasite kaybetmesine yol açar.
– Çalışmayan soğutma grubunun içinden su geçer.
– Soğutma gruplarının pompalara yüklediği toplam basınç kaybı daha yüksektir.
– Gelecekteki genişleme projelerinde sisteme soğutma grubu ilave etmek zordur.

4.2.2.3. Karşılaştırılan Sistemler ve Yapılan Kabuller

Karşılaştırma yapılacak bina üretim tesisi olarak kullanılmaktadır. Soğutma tesisi proses yapılan mahalin taze havayla soğutulması (%70 yük) ve proses makinalarının soğutulması (%30 yük) için hizmet vermektedir. Karşılaştırma; toplam soğutma yükünü karşılayacak iki adet eş kapasiteli, değişken devirli, su soğutmalı vidalı kompresörlü soğutma gruplarının farklı iki sistemdeki enerji tüketimlerini analiz etmek için yapılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken şu kabuller yapılmıştır:

– 3150 kW soğutma yükünü karşılamak üzere 2 adet soğutma grubu kullanılmaktadır.
– Bir sistemde soğutma grupları paralel konfigürasyonda, diğer sistemde seri konfigürasyonda bağlanmıştır. Her iki tesis de birincil sabit debili sistem olarak öngörülmüştür.
– Paralel ve seri sistemdeki tüm soğutma grupları eşdeğer özellikte seçilmiştir. Parçalı yüklerde ESEER: 9.51 (EN14511-3: 2013) IPLV: 9.81 (AHRI 550/590) verim değerlerine sahiptir.
– Paralel konfigürasyonda çalışacak olan su soğutmalı vidalı kompresörlü değişken devirli soğutma grupları tek geçişli kondenser ve evaporatöre sahiptir. Her iki soğutma grubu için de evaporatör su rejimi 6/11 ^{o}C, kondenser su rejimi 30/36 ^{o}C olarak alınmıştır. Her bir grup 1600 kW soğutma kapasitesine, EER: 5.28, NPLV: 9.14 verim değerlerine sahiptir. Evaporatördeki basınç kaybı 15.4 kPa, kondenserdeki basınç kaybı 11 kPa'dır.
– Seri konfigürasyonda çalışacak olan su soğutmalı vidalı kompresörlü değişken devirli soğutma grupları tek geçişli kondenser ve evaporatöre sahiptir. Yukarı soğutma grubu için evaporatör su rejimi 11/16 ^{o}C, kondenser su rejimi 30/33 ^{o}C, aşağı soğutma grubu için evaporatör su rejimi 6/11 ^{o}C, kondenser su rejimi 33/36 ^{o}C olarak alınmıştır. Her bir grup 1600 kW soğutma kapasitesine sahiptir. Yukarı soğutma grubu; EER: 6.74, NPLV: 11.68 verim değerlerine sahiptir. Evaporatördeki basınç kaybı 15 kPa, kondenserdeki basınç kaybı 37.2 kPa'dır. Aşağı soğutma grubu; EER: 6.07, NPLV: 9.95 verim değerlerine sahiptir. Evaporatördeki basınç kaybı 15.4 kPa, kondenserdeki basınç kaybı 38.4 kPa'dır.
– İklim şartları olarak İstanbul'un ASHRAE'de belirtilen değerleri alınmıştır.
– Binanın 7/24 sürekli çalıştığı kabul edilmiştir.

- 30.8 °C dış hava sıcaklığında 3150 kW soğutma yükü olduğu, 12 °C dış hava sıcaklığında 945 soğutma yükü olduğu ve bu sıcaklıklar arasında yükün dış hava sıcaklığı ile orantılı olarak değiştiği kabul edilmiştir. 12 °C altında 945 kW yükün sabit kaldığı varsayılmıştır.
- Kule fanlarının enerji sarfiyatları hesaba dahil edilmiştir. Kule fanlarının değişken devirli olduğu varsayılmıştır. Kule fanlarının elektrik tüketimi olarak, birim soğutma yükü için 0.015 kW değeri kabul edilmiştir.
- Kuleden gelen minimum su sıcaklığı 18 °C olarak kabul edilmiştir.
- Paralel bağlı soğutma gruplarından oluşan soğutma sistemi için evaporatör sabit devirli birincil devre pompasının basma yüksekliği 115 kPa, sabit devirli kondenser devresi pompasının basma yüksekliği 110 kPa olarak alınmıştır. Pompa verimleri %75 olarak kabul edilmiştir.
- Seri bağlı soğutma gruplarından oluşan soğutma sistemi için evaporatör sabit devirli birincil devre pompasının basma yüksekliği 130 kPa, sabit devirli kondenser devresi pompasının basma yüksekliği 175 kPa olarak alınmıştır. Pompa verimleri %75 olarak kabul edilmiştir.
- Enerji bedeli 0.30 TRL/kWh olarak kabul edilmiştir.
- Analiz sadece elektrik enerjisi sarfiyatı gözönünde bulundurularak yapılmıştır. Su ve su şartlandırma sarfiyatı hesaba katılmamıştır.

4.2.1.4. Chiller System Optimizer Ekonomik Analiz Raporları

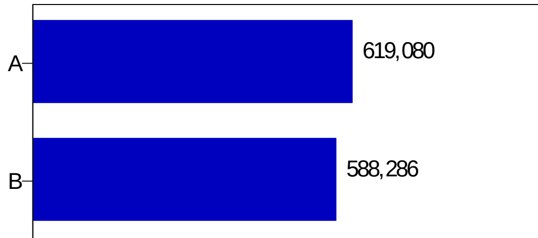
Chiller System Optimizer programı ile yapılan analizde, yapılan kabuller dahilinde, Seri bağlı ters akışlı soğutma gruplarından oluşan tesisin, paralel bağlı soğutma gruplarından oluşan tesise göre %5 daha az enerji harcadığı görülmektedir.

Soğutma Grubu Ekonomik Analiz Özeti

1. Genel Özet

Ekonomik Ölçüt	Bu Ölçütler İçin En İyi Sistem Tasarımı	Değer (TRL)
En Düşük Yıllık Enerji Maliyeti	(B) Sistem Ters Akışlı Seri	588,286

Enerji + Yakıt Maliyeti (TRL)



2. Maliyet ve Enerji Kullanım Detayları

	(A) Sistem Paralel	(B) Sistem Ters Akışlı Seri	Kazanç	Kazanç Oranı
Yıllık Enerji Maliyet Detayları				
Soğutma Gr. Elektrik Maliyeti (TRL)	462,534	379,754	82,781	18%
Soğutma Gr. Yakıt Maliyeti (TRL)	0	0	0	0%
Soğutma Kulesi Fanları (TRL)	79,862	82,459	(2,597)	-3%
Soğutma Suyu Pompası (TRL)	36,847	28,291	8,556	23%
Kondenser Suyu Pompası (TRL)	39,837	97,783	(57,946)	-145%
Toplam Enerji Maliyeti (TRL)	619,080	588,286	30,794	5%
Yıllık Enerji Kullanım Detayları				
Soğutma Grupları (kWh/yr)	1,541,781	1,265,845	275,936	18%
Soğutma Kulesi Fanları (kWh/yr)	266,206	274,864	(8,658)	-3%
Soğutma Suyu Pompası (kWh/yr)	122,822	94,302	28,520	23%
Kondenser Suyu Pompası (kWh/yr)	132,791	325,943	(193,153)	-145%
Toplam Elektrik (kWh/yr)	2,063,601	1,960,955	102,646	5%
Toplam Doğal Gaz Kullanımı (THM)	0	0	0	0%
Toplam Buhar Kullanımı (MMBTU)	0	0	0	0%

3. Girilen Veri Özetleri

Hava

Şehir .... İstanbul, Türkiye
Çalışma Saatleri ....Tüm Gün: Haftai İçi
....Tüm Gün: Cumartesi
.... Tüm Gün: Pazar

Yük (Soğutma)

En fazla Bina Yükü .... 3,150 kW @ 30.8 C
Bina Yükü #2 .... 945 kW @ 12.0 C
Bina Yükü #3 .... 945 kW @ -2.5 C
Dış Hava Ekonomizör Kullanımı .... Hayır

Analiz Değişkenleri

Analiz Tipi .... Sadece Enerji Maliyeti
Pompa Enerji Kullanımlarını İçeriyor ....Evet
Soğutma Kulesi Fanı Enerji Kullanımlarını İçeriyor.............Evet

Soğutma Grubu Sistemleri

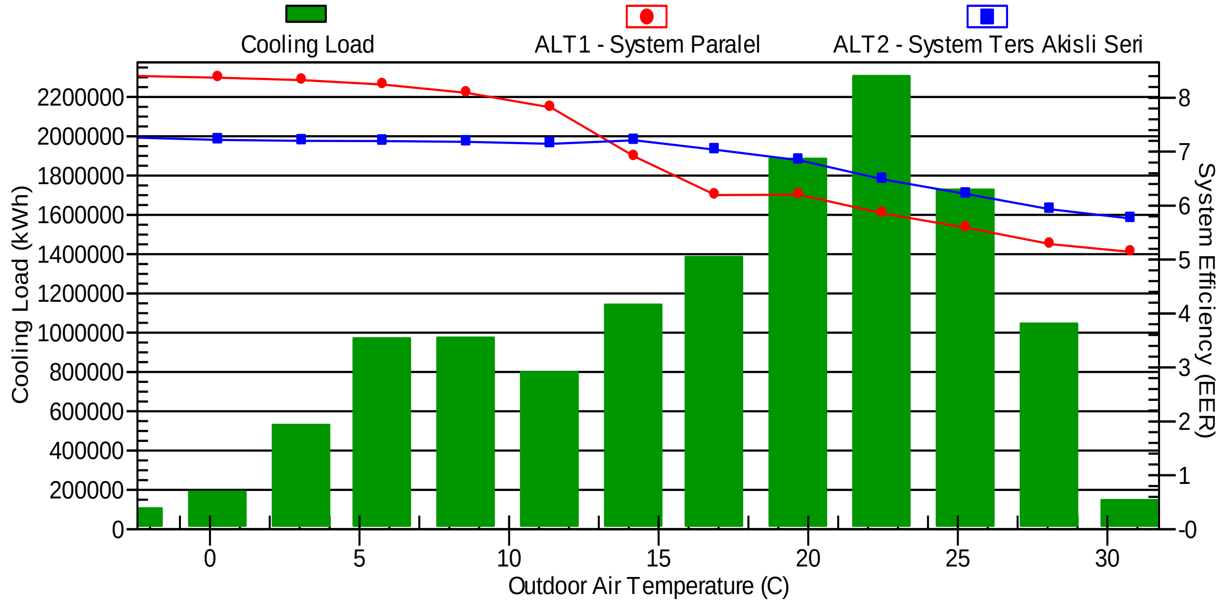
(A) Sistem Paralel
(B) Sistem Ters Akışlı Seri

Ekonomik Veriler

Elektrik Enerjisi .... 0.300 TRL/kWH
Elektrik Talebi ....0.000 TRL/kW

Yıllık Sistem Verimlilik Raporu

Dış Hava Sıcaklığına Bağlı Olarak Soğutma Sistemi Verimliliği

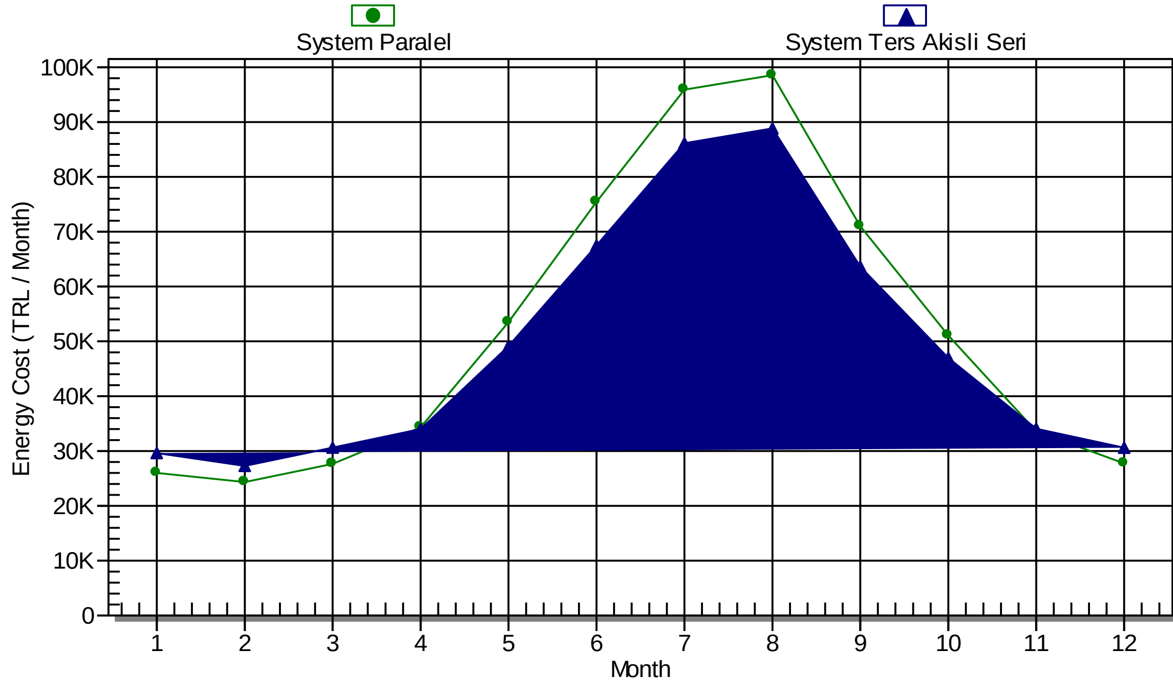


1. Yıllık Soğutma Sistem Verimi

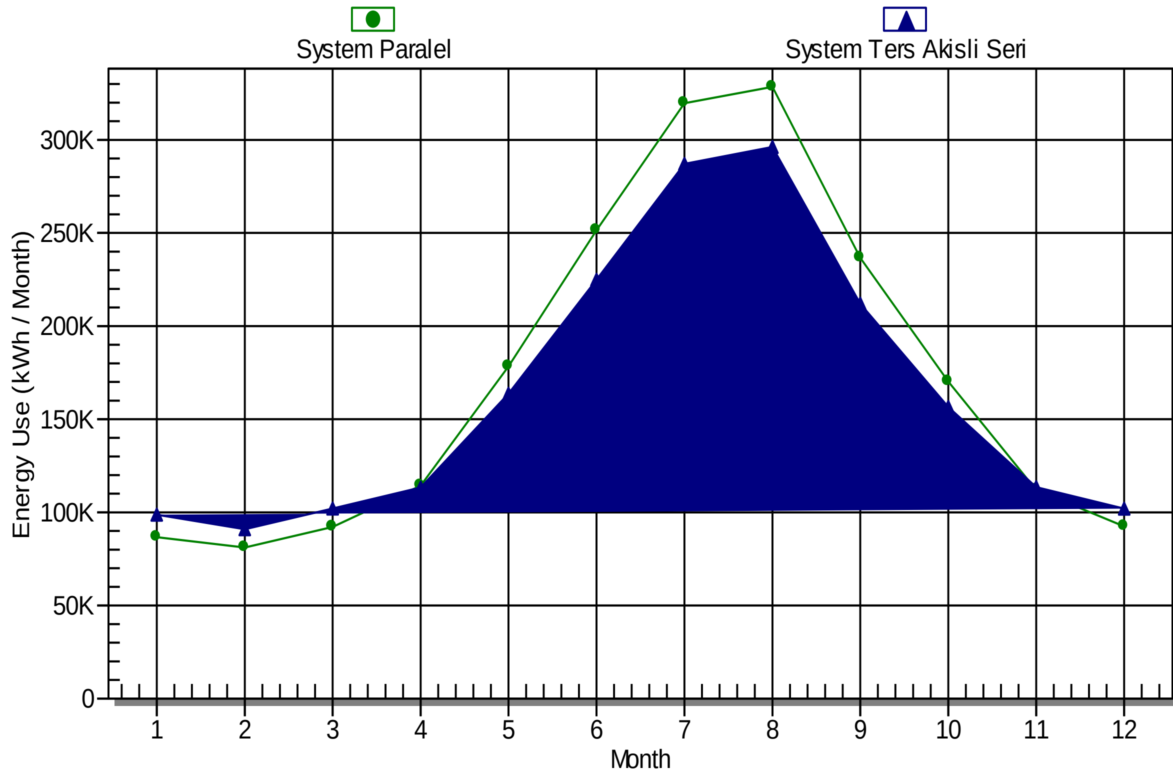
Soğutma Grubu Sistemi	Yıllık Soğutma Sistemi Verimi (EER)	Soğutma Sistemi Yükü (kW)	Soğutma İçin Enerji Kullanımı (kWh)	Soğutma Grubu Elektrik Tüketimi (kWh)	Soğutma Grubu Yakıt Tüketimi (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)
ALT1 - Sistem Paralel	6.407	13,220,547	2,063,601	1,541,781	0	122,822	132,791	266,206
ALT2 - Sistem Ters Akışlı Seri	6.729	13,194,855	1,960,955	1,265,845	0	94,302	325,943	274,864

Yıllık Soğutma Sistem Verimi EER = (Soğutma Sistemi Yükü kW) / (Toplam Soğutma Enerji Kullanımı kWh)

Aylara Göre Enerji Maliyeti



Aylara Göre Enerji Kullanımı



Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Paralel]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	86,630	25,989	121.7	0	25,989	0	0	25,989
Şubat	81,121	24,336	250.4	0	24,336	0	0	24,336
Mart	92,177	27,653	347.7	0	27,653	0	0	27,653
Nisan	114,349	34,305	405.3	0	34,305	0	0	34,305
Mayıs	178,312	53,494	516.7	0	53,494	0	0	53,494
Haziran	251,451	75,435	603.7	0	75,435	0	0	75,435
Temmuz	319,681	95,904	602.0	0	95,904	0	0	95,904
Ağustos	328,462	98,539	662.3	0	98,539	0	0	98,539
Eylül	236,708	71,012	573.4	0	71,012	0	0	71,012
Ekim	170,204	51,061	414.0	0	51,061	0	0	51,061
Kasım	112,050	33,615	352.5	0	33,615	0	0	33,615
Aralık	92,456	27,737	248.4	0	27,737	0	0	27,737
Toplam	**2,063,601**	**619,080**	**-**	**0**	**619,080**	**0**	**0**	**619,080**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Ters Akışlı Seri]

Aylar	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh)	Elektrik Enerjisi Maliyeti (TRL)	Elektrik Talebi (kW)	Elektrik Talep Maliyeti (TRL)	Toplam Elektrik Maliyeti (TRL)	Doğal Gaz Maliyeti (TRL)	Buhar Maliyeti (TRL)	Toplam Enerji Maliyeti (TRL)
Ocak	98,731	29,619	133.5	0	29,619	0	0	29,619
Şubat	90,927	27,278	221.1	0	27,278	0	0	27,278
Mart	102,029	30,609	308.2	0	30,609	0	0	30,609
Nisan	113,298	33,989	354.7	0	33,989	0	0	33,989
Mayıs	163,716	49,115	455.3	0	49,115	0	0	49,115
Haziran	224,947	67,484	534.9	0	67,484	0	0	67,484
Temmuz	287,092	86,128	533.0	0	86,128	0	0	86,128
Ağustos	296,161	88,848	596.3	0	88,848	0	0	88,848
Eylül	211,997	63,599	500.9	0	63,599	0	0	63,599
Ekim	156,569	46,971	364.4	0	46,971	0	0	46,971
Kasım	113,500	34,050	312.6	0	34,050	0	0	34,050
Aralık	101,987	30,596	220.8	0	30,596	0	0	30,596
Toplam	**1,960,955**	**588,286**	**-**	**0**	**588,286**	**0**	**0**	**588,286**

Enerji Kullanım Detayları

1. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Paralel]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	709,558	65,241	7,202	8,286	5,901	86,630	0	0
Şubat	660,089	61,449	6,588	7,495	5,589	81,121	0	0
Mart	736,747	68,838	7,370	8,397	7,573	92,177	0	0
Nisan	836,637	83,238	7,897	8,642	14,572	114,349	0	0
Mayıs	1,140,921	130,988	10,218	10,747	26,360	178,312	0	0
Haziran	1,501,476	185,233	13,762	14,722	37,733	251,451	0	0
Temmuz	1,775,003	245,214	15,783	16,471	42,214	319,681	0	0
Ağustos	1,780,928	253,558	15,862	16,571	42,471	328,462	0	0
Eylül	1,432,853	172,399	13,285	14,344	36,680	236,708	0	0
Ekim	1,107,593	123,653	10,017	10,624	25,910	170,204	0	0
Kasım	807,725	83,367	7,550	8,208	12,926	112,050	0	0
Aralık	731,017	68,605	7,290	8,286	8,276	92,456	0	0
Toplam	**13,220,547**	**1,541,781**	**122,822**	**132,791**	**266,206**	**2,063,601**	**0**	**0**

2. Enerji Kullanım Detayları: [Sistem Ters Akışlı Seri]

Aylar	Toplam Sistem Soğutma Yükü (kW)	Soğutma Grupları (kWh)	Soğutma Suyu Pompası (kWh)	Kondenser Suyu Pompası (kWh)	Soğutma Kulesi Fanları (kWh)	Toplam Soğutma Elektrik Enerjisi (kWh)	Jeneratör Isı Girişi - Doğal Gaz (THM)	Jeneratör Isı Girişi - Buhar (MMBTU)
Ocak	709,912	57,004	7,600	27,683	6,444	98,731	0	0
Şubat	660,335	53,204	6,865	25,004	5,854	90,927	0	0
Mart	736,957	59,299	7,607	27,683	7,440	102,029	0	0
Nisan	836,195	67,653	7,410	26,790	11,444	113,298	0	0
Mayıs	1,138,789	98,212	7,854	27,683	29,968	163,716	0	0
Haziran	1,496,474	149,811	8,203	26,790	40,143	224,947	0	0
Temmuz	1,768,867	208,628	8,962	27,683	41,819	287,092	0	0
Ağustos	1,774,733	217,684	8,976	27,683	41,819	296,161	0	0
Eylül	1,428,160	137,816	8,068	26,790	39,323	211,997	0	0
Ekim	1,105,582	91,946	7,786	27,683	29,154	156,569	0	0
Kasım	807,559	65,414	7,370	26,790	13,927	113,500	0	0
Aralık	731,292	59,174	7,600	27,683	7,530	101,987	0	0
Toplam	**13,194,855**	**1,265,845**	**94,302**	**325,943**	**274,864**	**1,960,955**	**0**	**0**

SONUÇ

Tasarımın her aşamasında, enerji sayaçlarının binanın üzerinde olacağını düşünmek gerekir. Yatırımcı tüm tesisatın, soğutma gruplarının, soğutma kulelerinin, soğuk su pompalarının, kule suyu pompalarının, soğutucu ünitelerin, bunları verimli ve güvenli bir şekilde çalıştıracak olan bina yönetim sisteminin; teminini, montaj ve işletmeye alınmasını sağlayacak ve işletirken oluşan enerji, su, bakım vb. maliyetleri ödeyecektir. Hangi tasarımın en düşük ömür boyu maliyete sahip olduğunu belirlemek önem arzeder [6].

Değişkenlere, tercihlere ve binanın yük profiline göre soğutma tesislerinin ömür boyu maliyetleri değişir. Bir tasarımın diğer alternatif tasarıma göre bazı durumlarda avantajlı bazı durumlarda dezavantajlı olması söz konusu olabilir. Yukarıda detayları verilen uygulama örneklerinden yola çıkarak, bir tasarımın iyi diğer tasarımın kötü olduğu sonucu çıkarılmamalıdır. Her farklı bina için bu çalışmalar tekrarlanarak ömür boyu maliyet değerlendirilmelidir. Bu maliyet bir çok değişkene bağlı olduğu için gerçek koşulları doğru tanımlayıp detaylı analiz yapmak önem arzeder.

Yapılan örnek uygulamalar sadece tesisin enerji tüketiminin analizidir. İlk yatırım maliyeti, diğer tüketim (Su, su şartlandırma vb.) ve bakım maliyetleri, projeye özel durum ve talepler, uygulama ve montaj kolaylığı, otomatik kontrol sisteminin kolaylığı, bakım kolaylığı, sistem ve cihazların güvenilirliği gibi bir çok faktör değerlendirilip doğru cihaz ve sisteme karar verilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] Energy Design Resources, “Chilled Water Plant Design Guide”, 2009.
[2] Energy Design Resources Design Brief, “Chiller Plant Efficiency”, 2010.
[3] Carrier Technical Development Program, “Commercial HVAC Chiller Equipment Water-Cooled Chiller”
[4] “Chilled Water Plant Pumping Schemes” James J. Nonnenmann, Stanley Consultants, Inc.
[5] “ASHRAE Bölgesel Soğutma Klavuzu” TTMD Teknik Yayın No:33
[6] “Series–Series Counterflow for Central Chilled Water Plants” ASHRAE Journal, June 2002, Steve Groenke

ÖZGEÇMİŞ

Ali Fuat KOLAÇAN

1970 yılında İstanbul'da doğdu. 1992 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi'nden, 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Anabilim Dalı'ndan Makina Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. 1996 yılından beri çalıştığı Alarko Carrier San. ve Tic. A.Ş. şirketinde Sistem Satışları Müdürlüğü görevini yürütmektedir.